

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN.**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.**



**“ Deshidratación del Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), por flujo de aire caliente”.**

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentada por el Bachiller:

**JENSEN AUSBERTO HEREDIA BACA.**

Tarapoto – Perú

2002.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN.**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.**

**“ Deshidratación del Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), por flujo de aire caliente”.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**JENSEN AUSBERTO HEREDIA BACA.**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:**



Ing. EPIFANIO E. MARTINEZ MENA  
PRESIDENTE.



Ing. ANGEL CHAVEZ SALAZAR.  
SECRETARIO.



Ing. ABILIO DOMÍNGUEZ BALDOCEDA  
MIEMBRO.



Dr. OSCAR W. MENDIETA TABOADA.  
PATROCINADOR.

**TARAPOTO - PERU.**

**2002**

## DEDICATORIA.

A mis padres: Angélica y Ausberto, por  
Significar mi todo en la Vida.

A mis hermanas: Rodismeri, Adela, Maribel, por su  
eterna confianza y su aliento desinteresado.

A Jesucristo, por cambiar mi Vida.

A Betty, con eterna gratitud por su indesmayable apoyo,  
paciencia, comprensión y sobre todo su cariño.

Al Dr. Oscar Mendieta, mi maestro y amigo, por  
sus enseñanzas, paciencia y comprensión.

A Ronal y Colberth, amigos y compañeros  
de memorables momentos.

## **AGRADECIMIENTO.**

A la Dra. **MARI MEDINA**, por el apoyo constante y desinteresado en el desarrollo del presente trabajo.

A **MARCO, JAVIER, ROBERTH, MARÍA**, condiscípulos tesistas, de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín. Por la amistad brindada y el compañerismo que siempre existió.

A **DOLLY, GUIDO, ROCIO, LILY, VICTORIA**, trabajadores de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín. Por su valioso apoyo en la ejecución del presente trabajo.

A **LOS DOCENTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**. Por Las enseñanzas impartidas para mi formación profesional.

A mis tíos **MARITZA Y HELMER**, a mis primos, **DANILO, EVELIN, RICARDO, CECILIA**, como a **TODOS MIS DEMAS FAMILIARES** que siempre me brindaron su apoyo, depositaron en mi su confianza y me alentaron para seguir adelante.

## INDICE.

RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	17
I. INTRODUCCIÓN.....	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1 MATERIA PRIMA.....	21
2.1.1 Generalidades.....	21
2.1.2 Descripción botánica.....	23
2.1.2.1Taxonomía.....	24
2.1.3 Datos ambientales.....	24
2.1.3.1 Clima.....	24
2.1.3.2 Suelo.....	24
2.1.3.3 Biótomo de poblaciones naturales.....	25
2.1.4 Cultivo.....	25
2.1.4.1 Época de siembra.....	25
2.1.4.2 Espaciamiento.....	25
2.1.4.3 Enemigos naturales.....	25
2.1.4.4 Propuesta de asociación de cultivos.....	25
2.1.4.5 Propagación.....	25
2.1.5 Cosecha y conservación del producto.....	26
2.1.5.1 Partes aprovechadas.....	26
2.1.5.2 Cosecha.....	26
2.1.5.3 Manejo post-cosecha.....	26
2.1.6 Usos culinarios y valor nutritivo.....	26
2.1.7 Usos medicinales.....	27

2.1.8	Información complementaria.....	28
2.1.8.1	Composición del Sacha Culantro.....	28
2.1.8.2	Distribución geográfica.....	28
2.1.8.3	Descripción del Culantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) .....	28
2.1.8.3.1	Principales propiedades medicinales del Culantro.....	29
2.1.8.3.2	Componentes del Culantro.....	29
2.2	SECADO.....	29
2.2.1	Tipos de secado.....	30
2.2.1.1	Secado directo.....	30
2.2.1.2	Secado indirecto.....	31
2.2.2	Métodos de secado.....	31
2.2.2.1	Secado adiabático.....	31
2.2.2.2	Secado no adiabático.....	32
2.2.2.3	Secado Osmótico.....	33
2.2.3	Estática de secado.....	33
2.2.3.1	Humedad.....	33
2.2.3.2	Humedad de equilibrio.....	33
2.2.3.3	Cuerpos húmedos y cuerpos higroscópicos.....	33
2.2.3.4	Humedad libre.....	34
2.2.3.5	Humedad ligada o agua ligada.....	34
2.2.3.6	Humedad desligada o agua desligada.....	34
2.2.4	Cinética de secado.....	35
2.2.4.1	Presión de vapor del agua y estados físicos.....	35
2.2.5	Curvas de velocidad de secado.....	36
2.2.5.1	Introducción y métodos experimentales.....	37

2.2.5.2	Determinación experimental de la velocidad de secado.....	37
2.2.5.3	Conversión de los datos a curva de velocidad de secado.....	38
2.2.5.4	Gráfica de la curva de velocidad de secado.....	39
2.2.5.5	Secado durante el periodo de velocidad constante.....	41
2.2.5.6	Secado durante el periodo de velocidad decreciente.....	42
2.2.5.7	Movimiento de humedad en sólidos durante el secado en el periodo de velocidad decreciente.....	43
2.2.5.8	Teoría de la difusión del líquido.....	43
2.2.5.9	Movimiento capilar en sólidos porosos.....	44
2.2.5.10	Efecto de la contracción.....	46
2.3	ANÁLISIS SENSORIAL.....	47
2.3.1	División del análisis sensorial.....	49
2.3.1.1	Evaluación analítica.....	49
2.3.1.2	Estudios de consumidores.....	50
2.3.2	Utilidades de la evaluación sensorial.....	50
2.3.3	Investigación y desarrollo.....	52
2.3.4	Control de calidad.....	53
2.3.5	Estudios de mercado.....	54
2.3.6	Otras aplicaciones.....	54
2.4	Superficie de respuesta.....	54
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	57
3.2	MATERIA PRIMA.....	57
3.3	EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS.....	57
3.3.1	Equipos.....	57

3.3.2	Materiales.....	58
3.4	REACTIVOS.....	59
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	60
3.6	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE SECADO DEL SACHACULANTRO....	61
3.6.1	Obtención de la materia prima.....	62
3.6.2	Limpieza.....	62
3.6.3	Selección y clasificación.....	62
3.6.4	Disposición de las hojas en la bandeja de secado.....	62
3.6.5	Deshidratado.....	62
3.6.6	Enfriado.....	63
3.6.7	Empacado.....	63
3.7	MÉTODOS DE CONTROL.....	63
3.7.1	Controles en el Sacha Culantro fresco.....	63
3.7.1.1	Determinación de las dimensiones.....	63
3.7.1.2	Análisis químico proximal.....	63
3.7.1.2.1	Humedad.....	63
3.7.1.2.2	Proteína total.....	64
3.7.1.2.3	Grasa total.....	64
3.7.1.2.4	Ceniza total.....	64
3.7.1.2.5	Fibra total.....	64
3.7.1.2.6	Carbohidratos totales.....	64
3.7.2	Controles durante el proceso.....	64
3.7.3	Controles fisicoquímicos del Sacha Culantro seco.....	65
3.7.4	Análisis sensorial.....	65
3.7.5	Determinación de las difusividades.....	65



IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....66

4.1. Análisis químico proximal.....66

4.2. Secado.....67

4.2.1 Cinética de secado.....67

4.2.2 Velocidad de secado.....70

4.2.3 Difusividad.....72

4.3 Análisis sensorial.....77

4.3.1 Análisis de varianza.....77

4.3.2. Superficies de respuesta para el análisis sensorial.....85

4.3.2.1. Sabor.....85

4.3.2.2 Olor.....87

4.3.2.3 Apariencia general.....88

V. CONCLUSIONES.....92

VI. RECOMENDACIONES.....93

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....94

VIII. ANEXOS.....99

## INDICE DE CUADROS

N°	TITULO	Pag.
Cuadro 1	Sentidos utilizados en la cata.....	53
Cuadro 2.	Tratamientos del estudio.....	60
Cuadro 3.	Análisis químico proximal de las hojas de Sacha Culantro.....	66
Cuadro 4	Difusividad aparente del Sacha Culantro a diferentes tratamientos de temperatura y velocidad de aire.....	74
Cuadro 5.	ANVA para las características de sabor, olor y aspecto general de los tratamientos de secado del Sacha Culantro.....	78
Cuadro 6	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo sabor.....	80
Cuadro 7	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo olor.....	81
Cuadro 8	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial para el atributo aspecto general.....	83

## INDICE DE FIGURAS

N°	TITULO	Pag.
FIGURA 1	Cultivo de Sacha Culantro para exportación.....	23
FIGURA 2	Sacha culantro en florecencia.....	24
FIGURA 3	Cosecha de Sacha Culantro.....	26
FIGURA 4	Diagrama de fases del agua.....	36
FIGURA 5	Curvas teóricas de secado:	
	a) Gráfica de los datos de humedad libre en función del tiempo.....	40
	b) Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre.....	40
FIGURA 6	Curvas típicas de velocidad de secado: a) periodo de velocidad decreciente controlado por difusión, b) periodo de velocidad decreciente controlado por capilaridad en un sólido de poros finos.....	45
FIGURA 7	Representación gráfica de una superficie de respuesta.....	56
FIGURA 8	Representación gráfica de las curvas de nivel de una superficie de respuesta.....	56
FIGURA 9	Secador por flujo de aire caliente.....	58
FIGURA 10	Diagrama de flujo del secado de Sacha culantro ( <i>Eryngium foetidum</i> L.).....	61
FIGURA 11.	Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C con velocidad de aire de secado de 0.5 m/s.....	68

FIGURA 12. Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C  
con velocidad de aire de secado de 0.8 m/s.....68

FIGURA 13. Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C  
con velocidad de aire de secado de 1.1 m/s.....69

FIGURA 14. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C  
a velocidad de aire de secado de 0.5 m/s .....70

FIGURA 15. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C  
a velocidad constante de aire de secado de 0.8 m/s.....71

FIGURA 16. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C  
a velocidad constante de aire de 1.1 m/s. ....71

FIGURA 17. Comportamiento de las difusividades a temperaturas  
de 40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de secado de 0.5 m/s ...72

FIGURA 18. Comportamiento de las difusividades a temperaturas de  
40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de secado de 0.8 m/s .....73

FIGURA 19. Comportamiento de las difusividades a temperaturas de  
40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de 1.1 m/s .....73

FIGURA 20 Superficie de respuesta para la difusividad del agua de las  
hojas del Sacha Culantro.....76

FIGURA 21 Representación grafica de las curvas de nivel de la  
superficie de respuesta para las difusividades.....76

FIGURA 22 Fotografía al Microscopio Óptico de hojas de Sacha Culantro  
(*Eryngium foetidum* L.), durante el proceso de secado,  
(a) etapa inicial de secado, (b) etapa intermedia del secado,  
(c) etapa final.....84

FIGURA 23. Superficie de respuesta para el atributo sabor luego del deshidratado del Sacha Culantro según el análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.....	85
FIGURA 24. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el sabor.....	86
FIGURA 25. Superficie de respuesta para el atributo olor luego del deshidratado del Sacha Culantro según el análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.....	87
FIGURA 26 Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el sabor.....	87
FIGURA 27. Superficie de respuesta para el atributo aspecto general luego del deshidratado del Sacha Culantro Análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados. ....	88
FIGURA 28. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el sabor.....	89
FIGURA 29 Fotografía de la hoja de Sacha Culantro fresco.....	91
FIGURA 30 Fotografía de la hoja de Sacha Culantro deshidratado con el mejor tratamiento a 40 °C y velocidad de aire de 1.1 m/s.....	91

## INDICE DE ANEXOS

N°	TITULOS	Pag.
8.1	Ficha de encuesta para determinar la preferencia de los panelistas para las hojas del Sacha Culantro luego de los diferentes tratamientos de secado.....	100
8.2	Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo sabor de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.....	101
8.3	Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo olor de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.....	104
8.4	Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo apariencia general de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.....	107
	Valores para la cinética de secado (Fig N° 13) y velocidad de aire de Secado (Fig N° 16) del mejor resultado del análisis sensorial (Velocidad de aire 1.1 m/s y T° de 40 °C).....	110
	Norma técnica nacional (INTINTEC) para especias y condimentos.....	112

## RESUMEN

Las hojas de "Sacha Culantro" se caracterizan por su forma ancha, dentada, y con terminación espinosa, de olor fuerte característico, de donde justamente proviene su nombre; esta hierba crece naturalmente en las tierras pesadas y húmedas sombreadas cercanas a las áreas cultivadas. Este producto ha significado para algunos países una fuente importante de ingresos por efecto de exportaciones en fresco, pues su consumo se ha incrementado entre la población sobre todo extranjera. Ante la posibilidad de colocar este producto en el mercado es que se realiza este trabajo como parte de una investigación en la cual se pueda determinar los parámetros adecuados de temperatura y velocidad de aire, y a través de estudios posteriores de almacenamiento y comercialización dar a los agricultores una alternativa de tener plantaciones asociadas, que puedan incrementar sus ingresos. El Sacha Culantro se usa en la medicina tradicional para combatir las fiebres y frios, vómitos, diarrea y en Jamaica para los frios y convulsiones.

Se realizaron diversas determinaciones, entre ellas el análisis proximal de las hojas de Sacha culantro obteniéndose un contenido de humedad de 87 %, 2.50 % de Proteínas, 0.23 % de Grasa, 1.84 % de Cenizas, 0.87% de fibra, y 7.56 % de Carbohidratos totales.

En el análisis sensorial pudo notarse que los puntajes más altos fueron obtenidos cuando el secado se realizaba a la menor temperatura (40°C), siendo poca notoria la influencia de la velocidad del aire. Los coeficientes de difusión fueron determinados ajustando el modelo de Fick para placa plana infinita a los datos

experimentales, utilizando el programa Microcal Origin 3.5, determinándose un grado de ajuste razonablemente bueno. En cuanto al coeficiente de difusión del agua, su valor se incrementa desde  $3.04 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  hasta  $17.00 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  cuando se aumenta la temperatura de 40°C a 60°C.

Los mejores resultados según el análisis sensorial se obtuvieron con el tratamiento a 40 °C y 1.1 m/s de velocidad de aire; los resultados obtenidos con el tratamiento en el secador solar fueron inferiores ya que aun cuando se obtuvieron promedios positivos en el análisis sensorial, sin embargo los valores de temperatura y velocidad de aire al no ser constantes, por depender de las condiciones climatológicas, no permitirá tener siempre los mismos resultados si se realizan distintas pruebas.



## ABSTRACT

The leaves give Sacha Coriander they are characterized by their wide, jagged form, and with thorny termination, give characteristic strong scent, give where exactly their name comes; this grass grows naturally in the shady heavy and humid lands near the cultivated areas. This product has meant for some countries an interesting source he/she gives revenues for effect he/she gives exports in fresh, because its consumption has been increased mainly among the population foreigner. In the face of the possibility he/she gives to place this product in the market it is that he/she is carried out this work as part he/she gives an investigation in which you can determine the appropriate parameters he/she gives temperature, speed he/she gives air, and through later studies he/she gives storage and commercialization to give the farmers an alternative he/she gives to have in associate plantations that can increase their revenues. The sachá coriander is used in the traditional medicine to combat the fevers and colds, vomits, diarrhea and in Jamaica for the colds and convulsions.

The objectives of the present work were to determine a processing of suitable drying, in function to the temperature and velocity of the drying air, using sensorial evaluation of the obtained product and to determine the coefficients of diffusion of the present water in the leaves during the drying.

The experimental part of the present work was developed in the Laboratory of Engineering and Projects of the National University of San Martín-Tarapoto. The tests were made in a convective dryer of laboratory with variable velocity and temperature of the drying air. Originating leaves of sachá-culantro of the small village of the Las

Palmas were used, district of Banda de Shilcayo, department of San Martin.

In the sensorial analysis it could notice that the highest values were obtained when the drying was made to the smaller temperature (40°C), being less well-known the influence of air velocity. As far as the coefficient of diffusion of water, its value is increased from  $3.04 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  to  $17.00 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  when the temperature is increased of 40°C to 60°C. Water diffusion coefficients was determined fitting the Fick model for infinite slab to the experimental values, using a computer program, were close to the ranges reported in literature.

## I INTRODUCCIÓN.

El Sacha Culantro, conocido comúnmente con los nombres de culantro cimarrón, cilantro sabanero y hierba de sapo posee propiedades antihipertensiva, febrífuga, aperitiva, afrodisíaca, laxante, antiescorbútica, antirreumática, bactericida, antiséptica, anticonvulsionante, antihelmíntica, antidiarreico y carminativa. También se utiliza como condimento; por todo esto se consume en varios países del mundo, siendo uno de ellos Estados Unidos de Norte América, en donde el consumo de este producto va en aumento, permitiendo que algunos países de Centro América obtengan altos ingresos económicos por la exportación de esta hierba aromática fresca, y no solo como tal sino también por la venta de sus semillas. En el Perú, a pesar de contar con zonas apropiadas para el cultivo de esta especie, no se realiza en forma técnica porque no se cuenta con la información necesaria para impulsar su siembra comercial; la mayoría de los estudios realizados en Sacha culantro están dedicadas a la parte medicinal, tal como lo muestran los realizados en el Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas "Antonio Raymondi" de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Dada la importancia comercial de la exportación de este producto es necesario también el estudio de técnicas de conservación adecuadas que permitan alargar su vida útil.

A través del secado del Sacha culantro, se busca conservar esta hierba aromática por más tiempo; el secado óptimo relacionado a estudios posteriores de almacenamiento y comercialización otorgará valor agregado a este vegetal, permitiendo generar fuentes de ingreso adicionales a personas del área rural debido a la facilidad del cultivo; según lo demuestran estudios de germinación realizados en Cuba, siendo favorecido también el cultivo por los terrenos adecuados en una

escala mayor, ya que actualmente el cultivo del Sacha Culantro se da en forma casera, sin embargo por su difusión mundial pueden también crearse nuevos mercados tal como viene sucediendo en países de Centro América que exportan esta hierba muy exitosamente a los Estados Unidos de Norte América.

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la influencia de las variables: temperatura y velocidad de aire en la cinética de evaporación y difusividad del agua durante el secado del Sacha Culantro, información básica que servirá para la posterior optimización del proceso, obteniendo al final del trabajo un producto intermedio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 DE LA MATERIA PRIMA

#### 2.1.1 Generalidades

El nombre Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), proviene del quechua y significa: Sacha, monte, silvestre; y del cilantro o culantro común (*Coriandrum sativum* L.); es una hierba bienal indígena de América Tropical continental y las Indias Orientales. Aunque de amplio uso en los platos a lo largo del Caribe, y América Latina, el Sacha Culantro es relativamente desconocido en los Estados Unidos y muchas otras partes del mundo y está a menudo confundido con el cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Algunos de los nombres comunes descriptivos de la planta incluyen: el cilantro espinoso o dentado, beni del shado y bhandhania (Trinidad y Tobago), benee del chadron (República Dominicana), coulante (Haití), recaó (Puerto Rico) y cizaña del ataque (Guyana). (RAMCHARAN, 1999)

El Sacha Culantro crece naturalmente en las tierras pesadas húmedas sombreadas cerca de las áreas cultivadas. Bajo cultivo, la planta crece mejor en condiciones sombreadas bien irrigadas. La planta es, según informes recibidos, rica en calcio, hierro, caroteno y riboflavina; sus hojas son usadas ampliamente para sazonar carnes y muchas otras comidas. Su valor medicinal incluye su uso como una infusión para la gripe, diabetes, estreñimiento y fiebres. Uno de sus usos más populares es como estimulante del apetito.

RAMCHARAN (1999), en su publicación "Culantro: Hierba muy utilizada, poco entendida", afirma que el Sacha culantro está volviéndose cada vez más una cosecha industrial, principalmente para el comercio internacional, pues las comunidades inmigrantes en Londres, Nueva York, y Toronto, representan un inmenso mercado potencial para el vegetal. Un exportador de Trinidad en 1988 exportó 2.4 TM de culantro fresco semanalmente a EE.UU y Puerto Rico produjo 165 TM; el mismo autor también afirma que la hierba se usa extensivamente en el Caribe, Asia y particularmente en la India y Corea.

FUENTES et al. (1996) describen la germinación de semillas de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), que permanecieron almacenadas durante periodos de 0 a 12 meses. Las evaluaciones se realizaron cada 2 días a partir de las fechas de siembra. En todos los tratamientos fue calculado el porcentaje final de germinación, los días para el inicio de germinación, los días para el final de la germinación, duración de la germinación y coeficientes de velocidad de germinación. Los resultados indican que las semillas requieren un proceso de post-maduración mayor de seis meses antes de comenzar la germinación y son capaces de mantener una germinación apreciable (mayor de 80%), hasta los ocho meses después de cosechada. A partir de ese tiempo, decrece rápidamente hasta llegar a cero. Con semillas de siete y ocho meses de cosechadas es posible obtener una buena germinación en un periodo breve, lo que posibilitaría el establecimiento de plantaciones de Sacha Culantro.

PEREZ et al (2001) En el Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas "Antonio Raymondí" de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se han realizado estudios sobre la planta conocida vulgarmente como "Sacha Culantro"

para dar al conocimiento popular un sustento científico mediante bioensayos y pruebas farmacológicas, que permitan validar los usos que los pobladores de la zona del Huallaga le atribuyen a esa planta (Tarapoto y Saposoa, en el departamento de San Martín). Los resultados de este trabajo permiten sustentar el uso popular e indican que esta planta requiere ser recomendada para el estudio clínico, previo a su empleo.



Figura N° 1 Cultivo de Sacha Culantro para exportación.

### 2.1.2 Descripción botánica.

MATHIAS y CONSTANCE (1962) describen al Sacha culantro (*Eryngium foetidum* L.), como una especie herbácea, erecta, de corto periodo vegetativo (anual), de altura aproximada de 40 cm., con olor fuerte. Presenta una roseta basal de hojas angostamente abobadas y con espinas, flores en densas cabezuelas de color verde, rodeadas por brácteas espinosas.

SOLORZANO (1996) menciona que es una especie de corto ciclo vegetativo, con sabor y aroma muy parecido al culantro común, pero diferente en la forma de hojas, cosechándose solo las hojas y pecíolos.

### 2.1.2.1 Taxonomía

MOSTACERO y MEJIA (1993) clasifican al Sacha culantro de la siguiente manera:



Reino	: Plantae
División	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledonea
Orden	: Umbelliflorae (umbelliferales)
Familia	: Apiaceae
Género	: <i>Eryngium</i>
Especie	: <i>foetidum</i>
Nombre vulgar	: Sacha culantro.

Figura N° 2 Sacha culantro en florescencia

### 2.1.3 Datos ambientales para el cultivo

#### 2.1.3.1 Clima

Tropical, cálido, con alta precipitación pluvial y elevada humedad relativa.

#### 2.1.3.2 Suelo

Arcilloso, areno-arcilloso, con bajo a elevado contenido de materia orgánica, con pH neutro a ligeramente ácido.



### **2.1.3.3 Biótomo de poblaciones naturales**

Habita en suelos inundables y de altura, purmas y huertos, tanto en campo abierto como en sombreado. Es tolerante a la inundación.

## **2.1.4 Cultivo**

### **2.1.4.1 Época de siembra**

Durante todo el año, de preferencia en el período lluvioso.

### **2.1.4.2 Espaciamiento**

Distanciamientos de 0.20 m x 0.15 m y 0.20 m x 0.20 m.

Labores de cultivo: Precisa de abonos orgánicos mensuales y deshierbos frecuentes.

### **2.1.4.3 Enemigos naturales**

Es atacado por insectos fitófagos y hongos.

### **2.1.4.4 Propuesta de asociación de cultivos**

Puede ocupar el piso bajo de un sistema de producción en restinga o en suelos de buena calidad en zonas no inundables. El sombreado puede estar presente en los sistemas de cultivos alimenticios como plátano, yuca y hortalizas diversas.

### **2.1.4.5 Propagación**

Mediante semilla sexual, las que germinan aproximadamente después de 7 días de sembradas. También se propaga por secciones de la base del tallo.

## **2.1.5 Cosecha y conservación del producto**

### **2.1.5.1 Partes aprovechables**

Las partes que se utilizan de esta planta son el tallo, hoja y fruto.

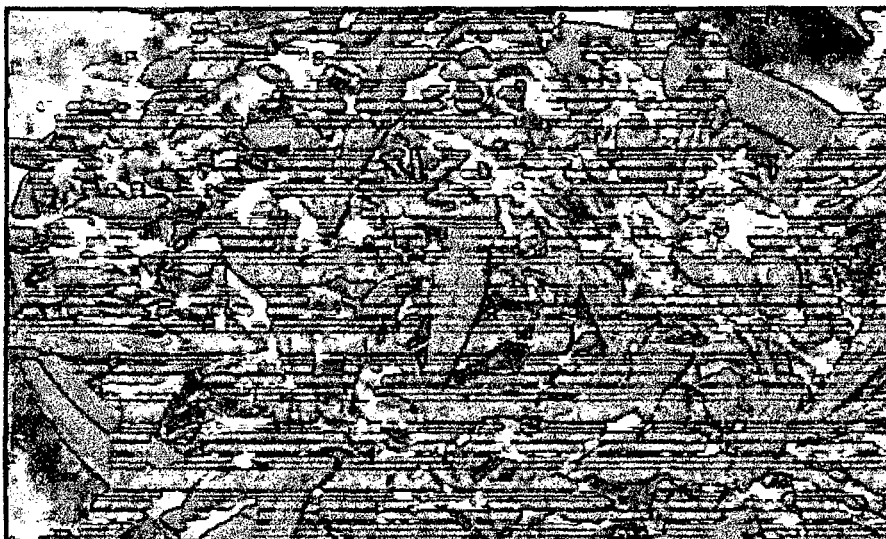


Figura N° 3 Cosecha de Sacha Culantro.

### **2.1.5.2 Cosecha**

La cosecha se realiza manualmente a partir de los 3 meses después de la siembra y se debe empezar por las hojas más viejas (inferiores).

### **2.1.5.3 Manejo post-cosecha**

Es aprovechada generalmente en estado fresco, procediéndose a su desecamiento bajo sombra para su conservación.

## **2.1.6. Usos culinarios y valor nutritivo**

La apariencia de Sacha Culantro y cilantro es diferente pero los aromas de la hoja son similares, aunque el Sacha Culantro es más picante. Debido a esta similitud

del aroma las hojas se usan alternativamente en muchas preparaciones de comidas. El Sacha Culantro se ha usado hace mucho tiempo en el lejano Oriente, América Latina y el Caribe. En Asia, el Sacha Culantro es muy popular en Tailandia, Malasia y Singapur en dónde normalmente se usa en lugar del cilantro en sopas, tallarines y curry. En América Latina, el Sacha Culantro es principalmente usado en Puerto Rico, dónde las recetas comunes en todos los países latinos se refuerzan con el Sacha Culantro; es muy popular el sofrito o recaito, nombre dado a la mezcla de aliños que contienen el Sacha Culantro y que es ampliamente usado en arroces, estofados, y sopas (WILSON, 1991).

Según BAUTISTA (1988), citado por RAMCHARAN (1999), el Sacha culantro es rico en calcio, hierro, caroteno y riboflavina. Las hojas frescas contienen 86–88% agua, 3.3% proteína, 0.6% grasa, 6.5% hidratos de carbono, 1.7% ceniza, 0.06% fósforo, y 0.02% hierro. Las hojas son una fuente excelente de vitamina A (10,460 I.U. /100 g), B2 (60 mg%), B1 (0.8 mg%) y C (150–200 mg%). En base seca las hojas contienen 0.1–0.95% aceite volátil, 27.7% fibra cruda, 1.23% calcio, y 25 ppm de boro.

### **2.1.7 Usos medicinales**

La planta se usa en la medicina tradicional para combatir las fiebres y fríos, vómitos, la diarrea, y en Jamaica para los fríos y convulsiones en los niños (HONEYCHURCH, 1980). Las hojas y raíces son hervidas y el agua es bebida para la pulmonía, gripe, diabetes, estreñimiento, y fiebre de la malaria. La raíz puede comerse cruda y sirve para combatir las picaduras del escorpión y en la India la raíz se usa para aliviar los dolores del estómago. Las hojas pueden comerse en la forma de un chutney como un estimulante del apetito (MAHABIR, 1991).

## **2.1.8 Información complementaria**

### **2.1.8.1 Componentes químicos**

PINEDO (1997), afirma que el contenido en 100 g de materia seca de las hojas es: Proteínas 0.7 g, lípidos 0.2 g, carbohidratos 6.4 g, calcio 6.0 mg, caroteno 1 mg, tiamina 0.03 mg, riboflavina 0.04 mg, niacina 0.4 mg, ácido ascórbico 5.7 mg.

### **2.1.8.2 Distribución geográfica**

Originaria de la Amazonía occidental es cultivada en toda América tropical. En el Perú, se encuentra ampliamente distribuida en Loreto y Ucayali.

### **2.1.8.3 Culantro común**

Para RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), el culantro (*Coriandrum sativum* L.) es una hortaliza que posee un olor muy característico. Su tallo es recto y con muchas ramas que puede llegar a medir hasta 60 cm de altura. Sus hojas son pequeñas y tienen como dientes en todo su alrededor. Las flores son pequeñas de color blanco y se encuentran agrupadas formando un sombrilla en la punta de las ramas. Florece de junio a septiembre y se cultiva en terrenos soleados de tierra calcárea o seca.

Conocido también con el nombre de "perejil chino", el culantro pertenece a la misma familia del comino, eneldo, hinojo y naturalmente del perejil. El nombre científico del culantro se debe a: *Coriandrum* que deriva del griego e indica genéricamente "alguna cosa que hace bien al hombre" y *Sativum* que deriva, del latín y quiere decir "apto para ser cultivado". (<http://www.cookaround.net/cocina/erbe/erba-11.php3>)

#### **2.1.8.3.1 Principales Propiedades Medicinales**

Según RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), el culantro es aperitiva, astringente, carminativa, digestiva, diurética, sudorífica, se usa como lienzo para cicatrizar heridas, llagas, úlceras y favorece la maduración de inflamaciones. Mejora el apetito en las personas que padecen de anemia. Como decocción puede usarse para mejorar la digestión y favorece la salida de gases causados por las comidas. Se usa para el tratamiento de histeria y neuralgia.

#### **2.1.8.3.2 Componentes del Culantro común**

Según RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), la composición de las hojas del culantro presentan 90 % de agua, 5 g de Carbohidratos, 2.4 g de Proteínas, 0.5 g de lípidos, 134 mg de calcio, 48 mg de fósforo, 5.5 g de fierro, 542 mg de potasio, 28 mg de sodio, 2800 UI de vitamina A, 0.1 mg de tiamina, 0.1 mg de riboflavina, 0.1 mg de niacina. Sin embargo, nutritivamente no es un alimento importante en la dieta, porque no se consume en grandes cantidades.

### **2.2. SECADO**

Según GEANKOPLIS (1998), el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material. En algunos casos, el agua se puede eliminar de los materiales sólidos por medios mecánicos, utilizando prensas, centrífugas y otros métodos; esto resulta más económico que el secado por medios térmicos para la eliminación de agua. El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos) se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además muchas enzimas que causan

los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua.

GEANKOPLIS (1998), menciona que el secado es un proceso de separación en donde se elimina la humedad de un sólido mediante transferencia de masa y/o calor. Una parte importante en la elección del método de secado consiste principalmente en conocer las propiedades de los sólidos a secar. Para los casos de los alimentos es muy importante conocer la temperatura de descomposición y el contenido de humedad en donde los microorganismos no pueden actuar y las enzimas son desactivadas.

### **2.2.1 Tipos de secado**

Según OCON y TOJO (1980) existen dos tipos de secado: Secado directo y secado indirecto.

#### **2.2.1.1 Secado directo**

Es aquel que se da por contacto directo entre el aire de secado y el material a secar, el calor necesario para la vaporización del agua lo suministra el aire.

El secado directo puede ser efectuado de modo discontinuo o continuo. En el método discontinuo, una vez cargado el secadero, se hace circular el aire de secado y se supone que sus condiciones permanecen constantes en el tiempo, mientras que en el método continuo tanto la alimentación del sólido a secar como el aire entran continuamente en el secadero, variando a través del mismo las condiciones del aire y sólido a secar.

### **2.2.1.2 Secado indirecto**

En este tipo de secado el calor se suministra por una fuente térmica a través de una superficie metálica en contacto con el objeto a secar.

## **2.2.2 Métodos de secado**

Según OCON y TOJO (1980) existen los siguientes métodos de secado.

### **2.2.2.1 Secado adiabático**

En los secadores adiabáticos los sólidos están expuestos al gas de alguna de estas formas siguientes:

- a) El gas circula sobre la superficie de un lecho o una lamina del sólido, o bien sobre una o ambas caras de una lámina o película continua. Este proceso se llama secado con circulación superficial.
- b) El gas circula a través de un lecho de sólidos granulares gruesos que están soportados sobre una rejilla. Recibe el nombre de secado con circulación a través de lecho.
- c) Los sólidos descienden en forma de lluvia a través de una corriente gaseosa que se mueve lentamente, con frecuencia dando lugar a un arrastre no deseado de las partículas finas.
- d) El gas pasa a través de los sólidos con una velocidad suficiente para fluidizar el lecho. Inevitablemente se produce arrastre de las partículas más finas.

- e) Los sólidos son totalmente arrastrados por una corriente gaseosa de alta velocidad y neumáticamente transportados desde un dispositivo de mezcla hasta un separador mecánico.

#### **2.2.2.2 Secado no adiabático**

Los secadores no adiabáticos difieren básicamente en la forma en que los sólidos se exponen a la superficie caliente o a otra fuente de calor, pudiendo ser alguna de las siguientes:

- a) Los sólidos se esparcen sobre una superficie horizontal estacionaria o que se desplaza lentamente y se cuecen hasta que se secan. La superficie puede calentarse eléctricamente o mediante un fluido de transmisión de calor tal como vapor de agua o agua caliente. Alternativamente, el calor puede aplicarse por medio de un calentador radiante situado encima del sólido.
- b) Los sólidos se mueven sobre una superficie caliente generalmente cilíndrica, por medio de un agitador o un transportador de tornillos o de palas.
- c) Los sólidos deslizan por gravedad sobre una superficie inclinada caliente o bien son transportados en sentido ascendente por la superficie y deslizándose posteriormente hasta una nueva localización.



### **2.2.2.3. Secado osmótico**

Este método de secado se fundamenta en el fenómeno de ósmosis, en la cual el agua contenida en la célula sale a través de la membrana celular debido a una gran concentración de un soluto ubicado en el exterior. Dicho método se utiliza generalmente para secar frutas y hortalizas, y con él se tienen productos de humedad intermedia sin la necesidad de aplicar calor.

### **2.2.3 Estática de secado**

OCÓN y TOJO (1980) define a la estática de secado de la manera siguiente.

#### **2.2.3.1 Humedad**

El contenido en humedad de un sólido puede expresarse sobre base seca o base húmeda. En los cálculos de secado resulta más conveniente referir la humedad en base seca, debido a que permanece constante a lo largo del proceso de secado.

#### **2.2.3.2 Humedad de equilibrio**

Cuando un sólido húmedo se pone en contacto, durante tiempo suficiente, con aire de temperatura y humedad constantes (suponiendo que la cantidad de aire es lo suficientemente grande para que sus condiciones no varíen con el tiempo de contacto) se alcanzarán las condiciones de equilibrio entre el aire y sólido húmedo.

#### **2.2.3.3 Cuerpos húmedos y cuerpos higroscópicos**

Para una temperatura determinada, la presión de vapor del agua contenida en el sólido húmedo aumenta con su humedad para todas las sustancias, hasta alcanzar la tensión de vapor del agua pura a la temperatura considerada.

Cuando la presión de vapor del agua que acompaña al sólido es menor que la tensión de vapor del agua a la misma temperatura, se dice que el sólido es higroscópico, recibiendo el nombre de sólido húmedo cuando la presión del vapor del agua que acompaña al sólido es igual a la tensión de vapor de agua a esa temperatura.

#### **2.2.3.4 Humedad libre**

Se denomina humedad libre de un sólido, con respecto al aire en condiciones determinadas, a la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas:  $F = X - X^*$ . Por consiguiente, es la humedad que puede perder el sólido después de un contacto suficientemente prolongado con el aire en condiciones dadas y constantes, y depende tanto de la humedad del sólido como de la humedad relativa del aire.

#### **2.2.3.5 Humedad ligada o agua ligada**

Es el valor de la humedad de equilibrio del sólido en contacto con aire saturado; o bien la humedad mínima del sólido necesaria para que este deje de comportarse como higroscópico.

#### **2.2.3.6 Humedad desligada o agua desligada**

Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada; o bien la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado. Es evidente que si el sólido tiene humedad desligada se comportará como húmedo.

**2.2.4 Cinética de secado**

OCÓN y TOJO (1980) definen la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial  $(-dX/dt)$  operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo.

Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación:

$$W = \frac{S}{A} \left( -\frac{dX}{dt} \right) \dots\dots\dots (1)$$

siendo:

- S = peso de sólido seco.
- A= área de la superficie expuesta.
- W= velocidad de secado.

**2.2.4.1 Presión de vapor del agua y estados físicos**

El agua tiene tres diferentes estados físicos: sólido, líquido y vapor. Su estado físico depende de la presión y de la temperatura.

La figura 4 representa los diferentes estados físicos del agua y las relaciones presión-temperatura en equilibrio. En la figura aparecen las regiones de los estados sólido, líquido y vapor. A lo largo de la línea AB, coexisten la fase líquida y el vapor. En

la línea AC, las fases que lo hacen son el hielo y agua líquida. A lo largo de la línea AD, coexisten el hielo y el vapor. Si el hielo en el punto (1) se calienta a presión constante, la temperatura se eleva y la condición física se desplaza horizontalmente. En cuanto la línea cruza AC, el sólido se funde, y al cruzar AB, el líquido se evapora. Al desplazarse del punto (3) al (4), el hielo se sublima (se evapora) para formar vapor sin pasar por el estado líquido.

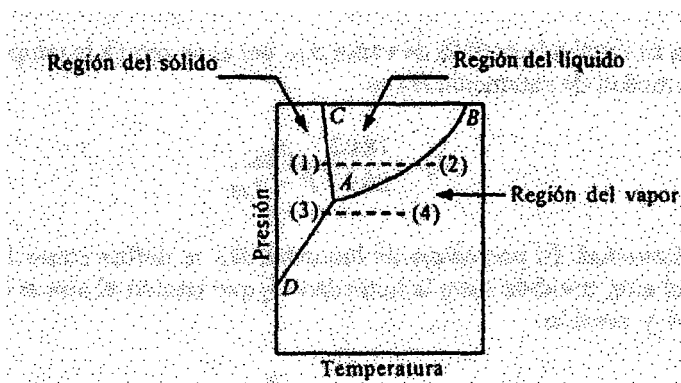


Figura N° 4 Diagrama de fases del agua

El líquido y el vapor coexisten en equilibrio a lo largo de la línea AB, que es la línea de presión de vapor del agua. La ebullición se presenta cuando la presión de vapor del agua es igual a la presión total por encima de su superficie. Por ejemplo, a 100 °C (212 °F), la presión de vapor del agua es 101.3 kPa (1.0 atm) y por tanto, hervirá a 1 atm de presión, a 65.6 °C (150 °F).

#### 2.2.5 Curvas de velocidad de secado

GEANKOPLIS (1998), se refiere a las curvas de velocidad de secado de la manera siguiente:

### **2.2.5.1 Introducción y métodos experimentales**

Para reducir el contenido de humedad en el secado de diversos materiales de proceso, por lo general se estima el tamaño del secador necesario, las diferentes condiciones de operación de humedad y la temperatura del aire empleado, y el tiempo necesario para lograr el grado de secado. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que es necesario determinarlo por vías experimentales. De la misma manera, puesto que el conocimiento de los mecanismos básicos de las velocidades de secado es bastante incompleto, en muchos casos es indispensable obtener algunas mediciones experimentales de las velocidades de secado.

### **2.2.5.2 Determinación experimental de la velocidad de secado**

Para determinar experimentalmente la velocidad de secado de un material, se procede a colocar una muestra en una bandeja. Si se trata de material sólido se debe llenar por completo la base de la bandeja, de manera que sólo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie de dicho sólido. La pérdida en peso de humedad durante el secado puede determinarse a diferentes intervalos sin interrumpir la operación, colgando la bandeja de una balanza adaptada a un gabinete o a un ducto a través del cual fluye el aire de secado.

Al realizar experimentos de secado por lotes, deben tomarse ciertas precauciones para obtener datos útiles en condiciones que se semejen lo más posible a las que imperarán en operaciones a gran escala. La muestra no debe ser demasiado pequeña y se debe introducir en una bandeja similar a la que se usará en producción. La relación entre superficie de secado y superficie de no secado (superficie aislada)

así como la profundidad del lecho del sólido deben ser idénticas. La velocidad, la humedad, la temperatura y la dirección del aire deben ser las mismas y constantes para simular un secado en condiciones constantes.

### 2.2.5.3 Conversión de los datos a curva de velocidad de secado

Los datos que se obtienen de un experimento de secado por lotes, generalmente se expresan como peso total W del sólido húmedo (sólido seco más humedad) a diferentes tiempos de t horas en el periodo de secado. Estos valores se pueden convertir a datos de velocidad de secado por los siguientes procedimientos. Primero, recalcular los datos. Si W es el peso del sólido húmedo en kilogramos totales de agua más sólido seco y Ws es el peso del sólido seco en kilogramos, tendremos que:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \frac{\text{Kg totales de agua}}{\text{Kg solido seco}} \left( \frac{\text{lb totales de agua}}{\text{lb solido seco}} \right) \dots\dots\dots( 2 )$$

Después de haber establecido las condiciones de secado constante, se determina el contenido de humedad de equilibrio, X\* kg de humedad de equilibrio/kg de sólido seco. Con él se procede a calcular el valor del contenido de humedad libre X en kg de agua libre/kg de sólido seco para cada valor de Xt.

$$X=X_t - X^* \dots\dots\dots( 3 )$$

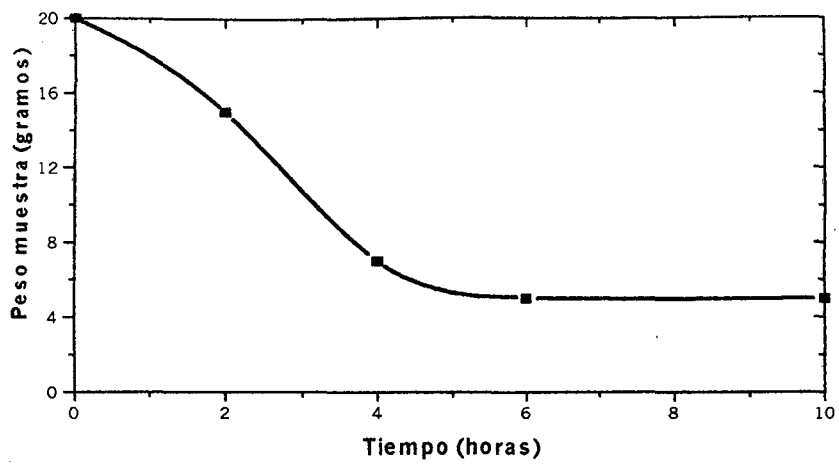
#### 2.2.5.4 Gráfica de la curva de velocidad de secado

En la figura 5 se muestra la curva de velocidad de secado para condiciones de secado constante. Empezando en el tiempo cero, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A. Inicialmente, el sólido suele estar a una temperatura inferior de la que tendrá al final, y la velocidad de evaporación va en aumento. Al llegar al punto B, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Por otra parte, si el sólido está bastante caliente al comenzar la operación, la velocidad de secado puede iniciarse en un punto A'. Este periodo inicial de ajuste en estado no estacionario suele ser bastante corto y por lo general se pasa por alto en el análisis de los tiempos de secado.

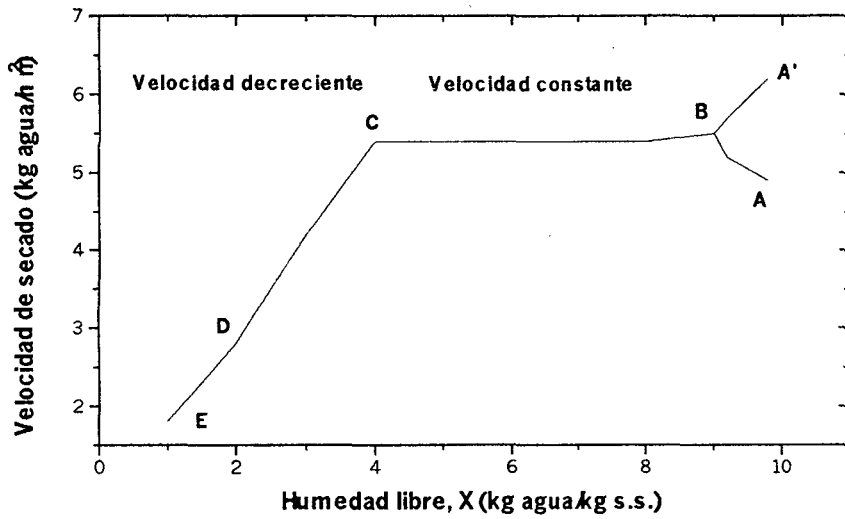
La curva de la figura 5 a, es recta entre los puntos B y C, por lo que la pendiente y la velocidad son constantes durante este periodo. Este periodo de velocidad constante de secado corresponde a la línea BC en la figura 5 b.

En el punto C de ambas gráficas, la velocidad de secado comienza a disminuir en el periodo de velocidad decreciente, hasta llegar al punto D. En este primer periodo de velocidad decreciente, la velocidad corresponde a la línea CD en la figura 5b, y por lo general es lineal.

En el punto D la velocidad de secado disminuye con más rapidez aún, hasta que llega al punto E, donde el contenido de humedad de equilibrio es  $X^*$ , y  $X = X^* - X^* = 0$ . En el secado de algunos materiales, la región CD no existe, o bien, constituye la totalidad del periodo de velocidad decreciente.



(a)



(b)

FIGURA N° 5 Curvas teóricas de secado: a) gráfica de los datos de humedad libre en función del tiempo, b) curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre.



#### **2.2.5.5 Secado durante el periodo de velocidad constante**

El secado de diversos sólidos bajo diferentes condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente, pero en general siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de velocidad de secado: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente.

Durante el primer periodo, la superficie del sólido está muy mojada al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua es agua no combinada y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que tendría una superficie líquida pura. Sin embargo, las ondulaciones y hendiduras en la superficie del sólido ayudan a obtener una velocidad más alta de la que tendría una superficie completamente plana.

Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior. Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora. La evaporación durante este periodo es similar a la que existe cuando se determina la temperatura de bulbo húmedo, y en ausencia de transferencia de calor por radiación o conducción, la temperatura de la superficie equivale en forma aproximada a la temperatura de bulbo húmedo.

### 2.2.5.6 Secado durante el periodo de velocidad decreciente

El punto C de la figura 5 corresponde al contenido crítico de humedad libre  $X_C$ . En este punto no hay suficiente agua en la superficie para mantener una película continua. La superficie ya no está totalmente mojada, y la porción mojada comienza a disminuir durante el periodo de velocidad decreciente hasta que la superficie queda seca en su totalidad en el punto D de la figura 5b.

El segundo periodo de velocidad decreciente empieza en el punto D, cuando la superficie está seca en su totalidad. El plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. El calor de evaporación se transfiere a través del sólido hasta la zona de vaporización. El agua evaporada atraviesa el sólido para llegar hasta la corriente de aire.

En algunos casos no hay discontinuidad definida en el punto D, y el cambio de condiciones de secado de una superficie con humedad parcial a una superficie completamente seca, es tan gradual que no se detecta un punto de inflexión.

Es posible que la cantidad de humedad que se elimina durante el periodo de velocidad decreciente sea bastante pequeña; no obstante, el tiempo requerido puede ser largo. En la figura 1 se ilustra este efecto. El periodo BC para un secado de velocidad constante dura unas 3.0 h y hace que  $X$  disminuya de 0.40 a 0.19, esto es, una reducción de 0.21 kg  $H_2O$ /kg sólido seco. El periodo de velocidad decreciente CE continúa durante unas 9.0 h y  $X$  disminuye solamente de 0.19 a 0.

#### **2.2.5.7 Movimientos de humedad en los sólidos durante el secado en el periodo de velocidad decreciente**

Así también, GEANKOPLIS (1998) afirma que cuando el secado se verifica por evaporación de la humedad del área expuesta del sólido, la humedad se desplaza desde el interior del sólido hasta la superficie. Los mecanismos de este movimiento afectan al secado durante los periodos de velocidad constante y de velocidad decreciente. A continuación se analizan brevemente algunas teorías para explicar los diversos tipos de curvas de velocidad decreciente.

#### **2.2.5.8 Teoría de la difusión del líquido**

De acuerdo con esta teoría, la difusión de la humedad líquida se verifica cuando existe una diferencia de concentración entre el interior del sólido y la superficie. Este método de transporte de humedad casi siempre se presenta con sólidos no porosos, en los que se forman soluciones de una sola fase con la humedad, como en una pasta, un jabón, una gelatina y pegamento. También es el caso del secado de las últimas porciones de humedad en arcillas, harinas, madera, cuero, papel, almidones y textiles. En el secado de muchos materiales alimenticios, el movimiento del agua durante el periodo de velocidad decreciente se verifica por difusión.

Las formas de las curvas de distribución de la humedad en el sólido a diferentes tiempos concuerdan cualitativamente con las ecuaciones de difusión en estado estacionario. La difusividad de la humedad  $D_{AB}$  casi siempre disminuye al reducirse el contenido de ésta, por lo que las difusividades suelen ser valores promedio en el intervalo de concentraciones considerado. Se dice entonces, que los materiales se secan de esta manera por difusión, aunque los mecanismos reales pueden ser

bastante complicados. Puesto que la velocidad de evaporación de la superficie es bastante rápida, esto es, la resistencia es muy baja en comparación con la velocidad de difusión a través del sólido en el periodo de velocidad decreciente, el contenido de humedad en la superficie tiene un valor de equilibrio.

La forma de una curva controlada por difusión durante el periodo de velocidad decreciente, es similar a la de la figura 5. Si el secado inicial de velocidad constante es considerable, es posible que no exista el primer periodo de velocidad decreciente con evaporación de una superficie no saturada. Si el secado a velocidad constante es bajo, el periodo de evaporación superficial no saturada suele presentarse en la región CD de la figura 5b, y la curva controlada por difusión corresponde a la región DE.

#### **2.2.5.9 Movimiento capilar en los sólidos porosos**

GEANKOPLIS (1998), dice que cuando se están secando sólidos granulares y porosos como arcillas, arena, tierra, pigmentos para pinturas y minerales, la humedad libre o sin combinar se desplaza a través de capilares y espacios vacíos de los sólidos por acción capilar, y no por difusión. Este mecanismo, en el cual interviene la tensión superficial, es similar al desplazamiento del combustible en la mecha de un quinqué portátil.

Un sólido poroso contiene poros y canales interconectados de diversos tamaños. A medida que se evapora el agua, se forma un menisco de líquido en cada poro en el interior del sólido. Esto origina las fuerzas capilares por la tensión interfacial entre el agua y el sólido. Estas fuerzas constituyen el impulso para desplazar el agua a través de los poros hasta la superficie. Los poros pequeños desarrollan fuerzas mayores

que los poros más grandes.

Al principio del periodo de velocidad decreciente en el punto C de la figura 5 b, el agua es llevada hasta la superficie por acción capilar, pero la capa superficial de agua comienza a hundirse en el sólido. Al suceder esto, penetra aire para llenar los espacios vacíos. Al eliminarse agua de manera continua, se llega a un punto donde no hay suficiente agua para mantener una película continua en todos los poros, y la velocidad de secado disminuye repentinamente al principio del segundo periodo de velocidad decreciente en el punto D. Entonces, la velocidad de difusión del vapor de agua en los poros y la velocidad de conducción de calor en el sólido, pueden llegar a ser los factores principales en el secado.

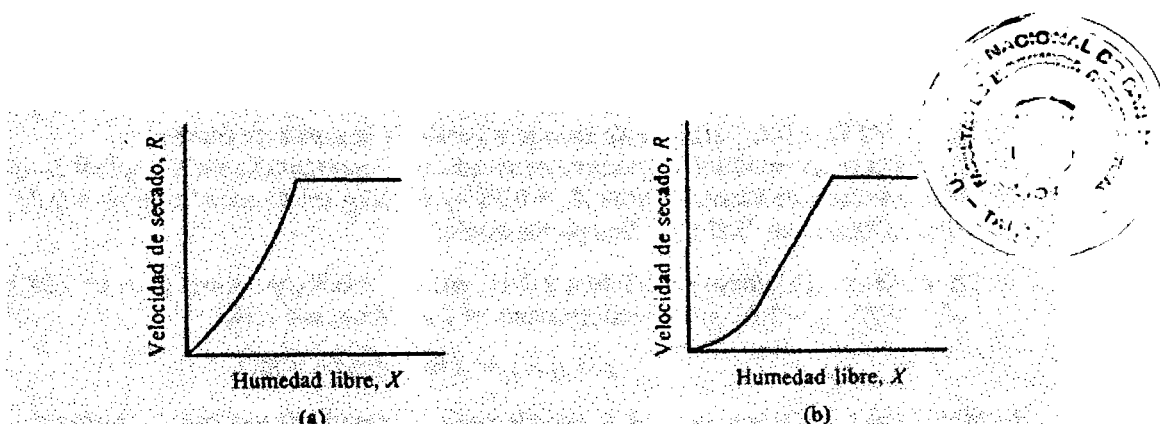


FIGURA N° 6 Curvas típicas de velocidad de secado: a) periodo de velocidad decreciente controlado por difusión, b) periodo de velocidad decreciente controlado por capilaridad en un sólido de poros finos.

En los poros finos de los sólidos, la curva de velocidad de secado en el segundo periodo de velocidad decreciente puede seguir la ley de difusión y la curva resulta cóncava hacia arriba, tal como lo muestra la figura 6b. En sólidos muy porosos, tales como un lecho de arena, donde los poros son grandes, la curva de velocidad de secado en el segundo periodo de velocidad decreciente suele ser recta y, por tanto,

las ecuaciones de difusión no son aplicables.

#### **2.2.5.10. Efecto de la contracción.**

GEANKOPLIS (1998), dice que un factor que afecta con frecuencia a la velocidad de secado es la contracción del sólido al eliminarse la humedad. Los sólidos rígidos no se contraen de manera apreciable, pero los materiales coloidales y fibrosos, como vegetales y otros productos alimenticios, sí se contraen. El efecto más notable es que se puede desarrollar una capa dura en la superficie del sólido, que resulta impermeable al flujo de líquido o de vapor y disminuye la velocidad de secado; algunos ejemplos son la arcilla y el jabón. En muchos alimentos, si el secado se realiza a temperaturas muy altas, se forma en la superficie una capa de células contraídas que se adhieren unas a otras formando un sello. Esto representa una barrera a la migración de la humedad, y se llama endurecimiento superficial. Otro efecto de la contracción ocasiona que el material se deforme y cambie su estructura. Esto sucede, por ejemplo, en el secado de madera.

Algunas veces, para disminuir estos efectos del secado, es aconsejable emplear aire húmedo. Así se disminuye la velocidad de secado y los efectos de la contracción, que ocasionan deformación o endurecimiento de la superficie, se reducen notablemente.

### **2.3 Análisis sensorial**

El análisis sensorial u organoléptico es una disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto percibidas mediante los sentidos, es el uso de los sentidos para estudiar características

susceptibles de estimular nuestros órganos sensoriales, tomar datos del mundo exterior e interior, identificarlos, relacionarlos, clasificarlos, sacar conclusiones y decidir (reaccionar) de acuerdo con éstas, o no. Sin embargo, reductivamente esa expresión se ha venido restringiendo hasta hace muy poco tiempo al campo de la gastronomía, y al mundo del olfato y el sabor, y ha sido considerado equivalente a degustación y cata, ya que la técnica se ha desarrollado principalmente en relación con ese campo y, mucho más concretamente, con la evaluación de vinos.

En la actualidad, se ha extendido su aplicación profesional y lúdica a todo tipo de bebidas y alimentos y comienza a utilizarse con una variada gama de objetos y al estudio de problemas alejados de lo que fue su principal campo de aplicación: a la detección de sustancias contaminantes, por ejemplo.

El método pretende ayudarnos a concentrar nuestra atención de tal modo que aquella sensación (reflejo resultante de la estimulación de los órganos sensoriales) que tomamos como objeto de estudio se transforme en percepción (actividad cognitiva elemental).

La percepción -toma de conciencia sensorial, interpretación de la sensación- parece que constaría de dos fases: durante la fase preatentiva, se detecta la información sensorial y se analiza; durante la segunda, se construye el percepto. Intervienen, por tanto, no sólo la información recogida por los sentidos, sino la propia fisiología y las experiencias vividas que han podido modelar las motivaciones y las expectativas y que determinan qué información se procesa, qué patrones de búsqueda para encontrarla. De aquí que no exista la posibilidad de que dos experiencias

preceptuales sean idénticas.

El método busca restar subjetividad pautando la secuencia del proceso analítico, las observaciones a realizar con cada uno de los sentidos, los términos a utilizar en las descripciones y las condiciones y circunstancias en las que debe realizarse el ejercicio; definiendo criterios para la valoración de cada una de las observaciones y para el establecimiento de relaciones entre ellas; buscando acercarse, en definitiva, a la posibilidad de la comunicabilidad y la repetitividad de las observaciones.

La aplicación que suele utilizarse como ejemplo, por ser la más y mejor desarrollada hasta el momento, se refiere a la cata de vinos (Cuadro N° 1.)

La vista proporciona la primera aproximación, datos que generan una primera imagen del vino y algunas expectativas para las fases siguientes (olfativa y gustativa), previsiones que deben ser confirmadas mediante el olfato y el gusto, antes de sacar conclusiones. Abre toda una variedad de posibilidades, genera hipótesis que han de ser ratificadas con la toma de nuevos datos.

En la fase siguiente -olfativa- el vino se examina intensamente tratando de identificar los olores que se han ido incorporando al vino a lo largo de su elaboración: los procedentes de la fruta (sin agitar) y (forzando su salida de la copa, por agitación) los que le ha cedido la madera -si fuese el caso- en contacto con el aire, o la evolución en la botella en ausencia de él; buscando posibles defectos, extrayendo, con paciencia y sabiduría, toda la información que encierra (cuadro N° 1.)





Se busca confirmación en la tercera fase, que se desarrolla en la boca, un lugar sede de procesos extraordinariamente complejos por la variedad de sensores que concurren, produciendo variedad de sensaciones simultáneas y no siempre fáciles de abstraer e identificar.

Finalmente, habrá que pronunciarse elaborando una conclusión global -cuya expresión (descripción, valoración numérica o de otro tipo) dependerá del tipo de cata y de los objetivos perseguidos por ella. ( <http://freixe-net.com/sensorial/recursos.htm> )

### **2.3.1 División del análisis sensorial**

Según los objetivos que se persigan, el análisis sensorial puede dividirse en Evaluación Analítica y en Estudios de Consumidores.

#### **2.3.1.1 Evaluación analítica**

Proporciona una información precisa sobre las características, la constancia y la estabilidad de un determinado producto de forma objetiva y reproducible, para lo que necesariamente ha de ser realizada por un grupo de individuos debidamente seleccionados y entrenados.

#### **2.3.1.2 Estudios de consumidores**

Permiten conocer muchos de los aspectos que condicionan la elección y consumo de un alimento (aceptabilidad, preferencia, contexto, actitud). Este tipo de pruebas ha de ser realizado por personas sin entrenar con un perfil socio-cultural similar al del mercado al que irá destinado el producto.

### **2.3.2 Utilidades de la evaluación sensorial**

Una de las posibles utilidades de la evaluación sensorial está vinculada con la calidad de los alimentos. En este sentido, se trata de técnicas que se proyectan de modo especial en industrias y empresas.

Las técnicas sensoriales se están utilizando muchísimo. Es impresionante advertir cómo las empresas vinculadas con el tema procuran contar con un panel de evaluación sensorial, dentro de la misma industria. Históricamente, el titular de la firma, o un cuerpo de gerentes, eran los encargados de probar y determinar si estaba bien o mal. Ahora todos tratan de contar con un panel, y no sólo ello: se reúnen y tratan de ver cómo están sus productos en el mercado. Pero lo que ocurre, también, es que la evaluación sensorial es costosa, sobre todo porque es necesario disponer de un panel entrenado, lo que equivale a decir que hay que capacitar y mantener un grupo de personas. Por eso lo importante es encontrar alternativas. Por ejemplo como método de rutina no se recomendaría utilizar un panel de evaluación sensorial; en cambio se trataría en lo posible de correlacionar una medida química con un panel de evaluación sensorial, entonces se puede medir la acidez de un producto, y el panel deberá indicar hasta qué punto tiene que ser ácido para que ese producto pueda salir a la venta. De esa manera puedo disponer de lo que me dice el panel y lo que señala el indicador técnico. A partir de allí, uno se puede manejar con ese parámetro químico, pero primero se hizo la correlación con la evaluación sensorial.

Como campo de indagación, de constatación, en lo que respecto a los sistemas productivos, puede verse a la evaluación sensorial en pleno desarrollo.

Es exactamente, un campo en creciente desarrollo, conforme con lo que ocurre en buena parte del mundo. Antes, cuando se exportaba un alimento, las fichas técnicas referían a medidas físicas, químicas y microbiológicas, pero ahora, además de ello está la evaluación sensorial, porque se manejan fichas de evaluación sensorial y si no cumple determinados parámetros sensoriales el producto puede ser rechazado.

Visto así, a la evaluación sensorial se la perfila como un reaseguro de los estándares de calidad del producto, y en consecuencia como un valor clave en orden a la competitividad e inserción de las empresas en los distintos mercados.

Las empresas ahora se manejan con paneles, compuesto por cerca de diez personas que hacen, sistemáticamente, la evaluación de todos los productos que se lanzan al mercado.

Lo que debería quedar bien en claro es que el análisis sensorial, aun cuando suponga condiciones naturales, está sustentado en conocimientos científicos y en procesos de aprendizaje que no se logran de un día para el otro. Esto por que el análisis sensorial se origina en lo que llamamos la psicofísica, es decir la ciencia que estudia la relación entre el estímulo y la respuesta que da el sujeto a ese estímulo. Y qué tipo de funciones y cómo es esa metodología para que ese instrumento de medición, que es el hombre, dé esa respuesta y no otra; eso es lo que se procura conocer. Entonces, el análisis sensorial nace a partir de la psicofísica; pero a medida que se fue avanzando en el conocimiento científico se fueron perfeccionando los métodos de análisis para hacerlos más objetivos. Además, con todo el avance de la informática y el software, se logró perfeccionar y tornar, más objetivas las

mediciones. Todo ello es lo que le está dando un sustento científico a los métodos y las evaluaciones sensoriales.

( <http://www.addnet.es/noproblema/xagoaza2000/cata.html> )

### **2.3.3 Investigación y desarrollo**

Se puede aplicar a:

- La optimización de productos ya existentes y desarrollo de otros nuevos.
- Aplicación de nuevas tecnologías y estudio de su efecto sobre los atributos sensoriales.
- Caracterización de los alimentos y de sus componentes. Influencia de las variables tecnológicas de proceso en la calidad sensorial.
- Estudio de la relación entre pruebas instrumentales físico-químicas y los parámetros sensoriales.
- Selección del producto más idóneo entre diversas opciones nuevas.

**Cuadro N° 1            Sentidos utilizados en la cata**

ORGANO	SENTIDOS Y SENSACIONES	CARACTERES PERCIBIDOS		
OJO	Vista. Sensaciones visuales	Color, limpidez, fluidez, Efervescencia.	Aspecto	
NARIZ	Olfato (vía nasal directa) Sensaciones olfativas	Aroma, bouquet.	Olor	Palatabilidad
BOCA	Olfato (vía retronasal) sensaciones olfativas	Aroma de boca	Gusto complejo	
	Gusto. Sensaciones gustativas	Sabor y gusto propiamente dichos		
	Sensibilidad Química	Astringencia, causticidad, burbujeo		
	Sensibilidad táctil	Consistencia	Tacto	
	Sensibilidad térmica	Temperatura		

Fuente: <http://www.addnet.es/noproblema/xagoaza2000/cata.html>

### 2.3.4 Control de calidad

El análisis sensorial se puede aplicar en este rubro para determinar el mantenimiento de la constancia y estabilidad del producto, control de procesos,

determinación de la vida útil, efecto de las modificaciones introducidas en la formulación de un producto y clasificaciones comerciales.

### **2.3.5 Estudios de mercado**

En estudios de mercado se puede aplicar para determinar la aceptabilidad y preferencia, descripción de los hábitos de consumo y compra, expectativas, creencias y actitudes, caracterización de un producto "ideal", identificación de los atributos del producto con mayor impacto social y caracterización de un producto frente a otros similares ya existentes en el mercado.

### **2.3.6 Otras aplicaciones**

Pueden indicarse mediante su uso diagnóstico de patologías, enfermedades y defectos, caracterización de ambientadores, perfumes y productos de higiene personal.

## **2.4 Superficie de respuesta**

El análisis de superficie de respuesta tiene como base el método de planeamiento factorial y consiste en grupos de técnicas usadas para el estudio de las relaciones entre una y otra respuesta medidas analíticamente en un número de variables de entrada que pasan a ser controladas. Estas técnicas son usadas para dilucidar las siguientes interrogantes (BOX et al; 1978):

Cómo una respuesta es afectada sobre una región de interés dado por un conjunto de variables de entrada.

Qué conjuntos de variables de entrada resultarán como producto dentro de las especificaciones deseadas.

Cuál de los valores de las variables de entrada tendrá el menor valor para una respuesta específica y como la superficie de respuesta se aproxima a este punto

En procesos multivariantes, como los bioquímicos, donde la importancia de cada variable debe de ser determinada y optimizada, la metodología de superficie de respuesta es una herramienta de trabajo necesaria para el mejor entendimiento del sistema, verificándose individualmente el efecto de cada variable operacional en rendimiento y productividad, (MENDIETA, 1999).

Supóngase que la dependencia de una variable respuesta Y sobre los niveles  $x_1, x_2, \dots, x_k$  de k variables cuantitativas o factores se puede expresar por el siguiente modelo matemático:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + E(y) \dots\dots\dots (4)$$

Esta relación funcional en general se llama una superficie de respuesta. Uno de los objetivos más frecuente en una investigación por experimentación consiste en determinar los valores de las k variables independientes,  $x_i$ ; ( $i = 1, \dots, k$ ), las cuales pueden producir un máximo (o mínimo) de E(Y). En la figura 7 se muestra la representación grafica de una superficie de respuesta, y en la figura 8 las curvas de nivel asociadas con la superficie de respuesta.

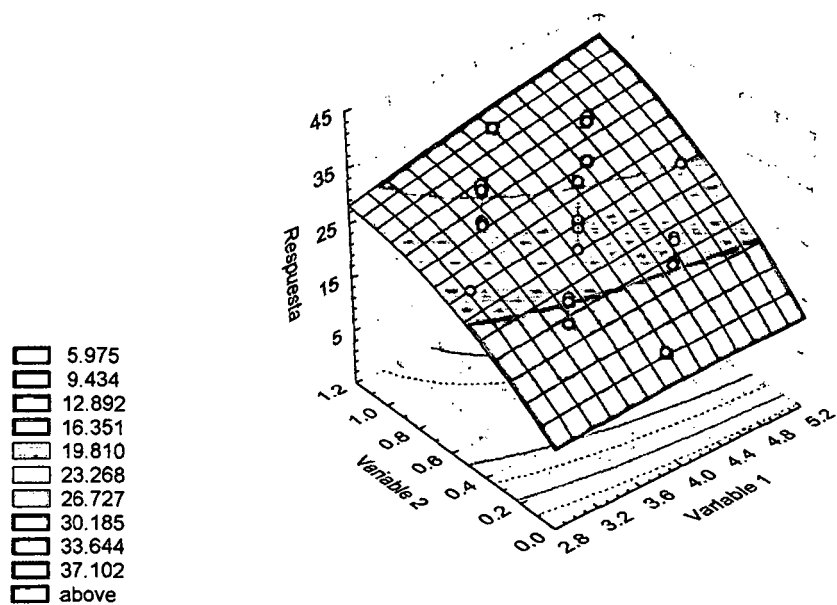


Figura N° 7 Representación grafica de una superficie de respuesta.

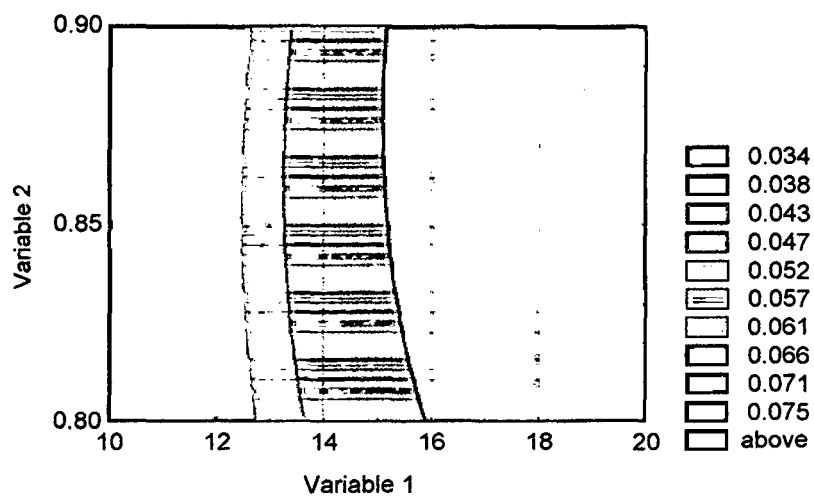


Figura N° 8 Representación grafica de las curvas de nivel de una superficie de respuesta.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo de investigación, se realizó en los Laboratorios de Ingeniería y Diseño, Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL), de la Universidad Nacional de San Martín, durante los meses de Febrero a Septiembre del 2001.

#### **3.2. MATERIA PRIMA**

Se empleó hojas de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum L.*), cosechadas en el caserío de Las Palmas, Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

#### **3.3 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS**

##### **3.3.1 Equipos**

- Digestor Buchi para proteína, tipo B425, 1100 Watts, Suecia.
- Mufla Thermolyne 1500 Furnace, Temperatura máxima 1200 C°, 2240 Watts, USA.
- Estufa MEMMERT, tipo W – 350, Temperatura máxima 220 °C, 1400 Watts.
- Balanza Digital DENVER INSTRUMENT COMPANY, modelo AA200, Capacidad 2610 g. Exactitud 0.1 g.
- Cocina eléctrica Fisher, temperatura máxima 600 °C.
- Destilador microkjeldhal marca Buchi.

- Extractor Soxhlet.
- Equipo de titulación.
- Selladora.
- Secador por flujo de aire caliente, equipado con un termostato con lámpara piloto, cuatro interruptores, un transformador de 220V a 12 V, cuatro ventiladores de 12 V, tres resistencias con un total de 2500 Vatios, con recirculación de aire de 80%, y velocidades de aire de 0.5, 0.8 y 1.1 m/s.

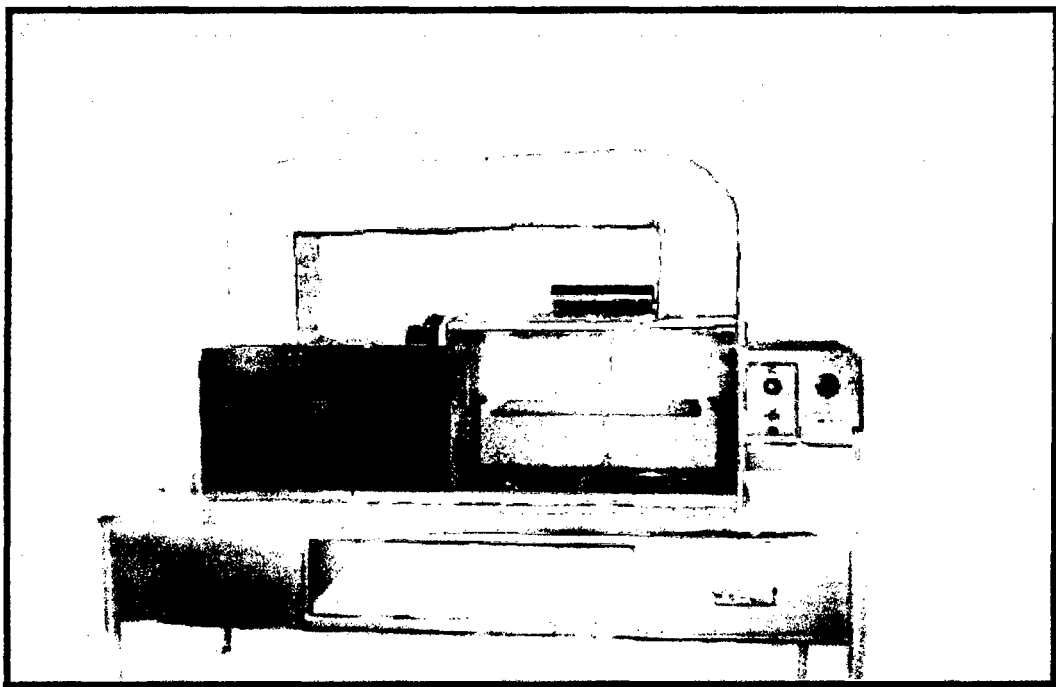


Figura N° 9. Secador por flujo de aire caliente

### 3.3.2 Materiales

- Cronómetro digital.
- Pie de Rey.
- Psicrómetro.
- Campanas desecadoras de vidrio.
- Bandeja de secado.
- Vasos de precipitación.

- Placas petri.
- Crisoles.
- Embudos.
- Pissetas.
- Cuchillo.
- Pinza.
- Papel filtro sin ceniza.
- Pipetas.
- Papel secante.
- Bolsas de polietileno de alta densidad.

### **3.4. REACTIVOS**

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido clorhídrico concentrado.
- Rojo de metilo.
- Hidróxido de Sodio concentrado.
- Etanol.
- Éter etílico.
- Sulfato de Potasio.
- Ácido Bórico.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El experimento comprendió dos fases. La primera fase fue la deshidratación del Sacha Culantro (*Eryngium foetidum L.*), y la segunda fase el análisis sensorial de las muestras deshidratadas. Se eligió este tipo de análisis debido, en primer lugar a la falta de información en la literatura sobre los componentes que son responsables del olor y sabor característico del Sacha Culantro, y a la falta de equipos apropiados para hacer la extracción y caracterización de estos compuestos.

La etapa de secado fue realizada bajo un experimento factorial completo de 3x3, con tres repeticiones, dentro de un diseño estadístico completamente al azar (DCA), el mismo que se muestra en el cuadro N° 2

Cuadro N° 2. Tratamientos del estudio

TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD DEL AIRE ( m/s)		
	0.5 (-1)	0.8 (0)	1.1 (+1)
40 (-1)	(-1) (-1)	(-1) (0)	(-1 ) (+1)
50 (0)	(0) (-1)	(0) (0)	(0) (+1)
60 (+1)	(+1) (-1)	(+1) (0)	(+1) (+1)

3.6 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE SECADO DEL SACHA CULANTRO

En el diagrama de flujo (Figura N° 10) se muestran las operaciones del proceso de secado.

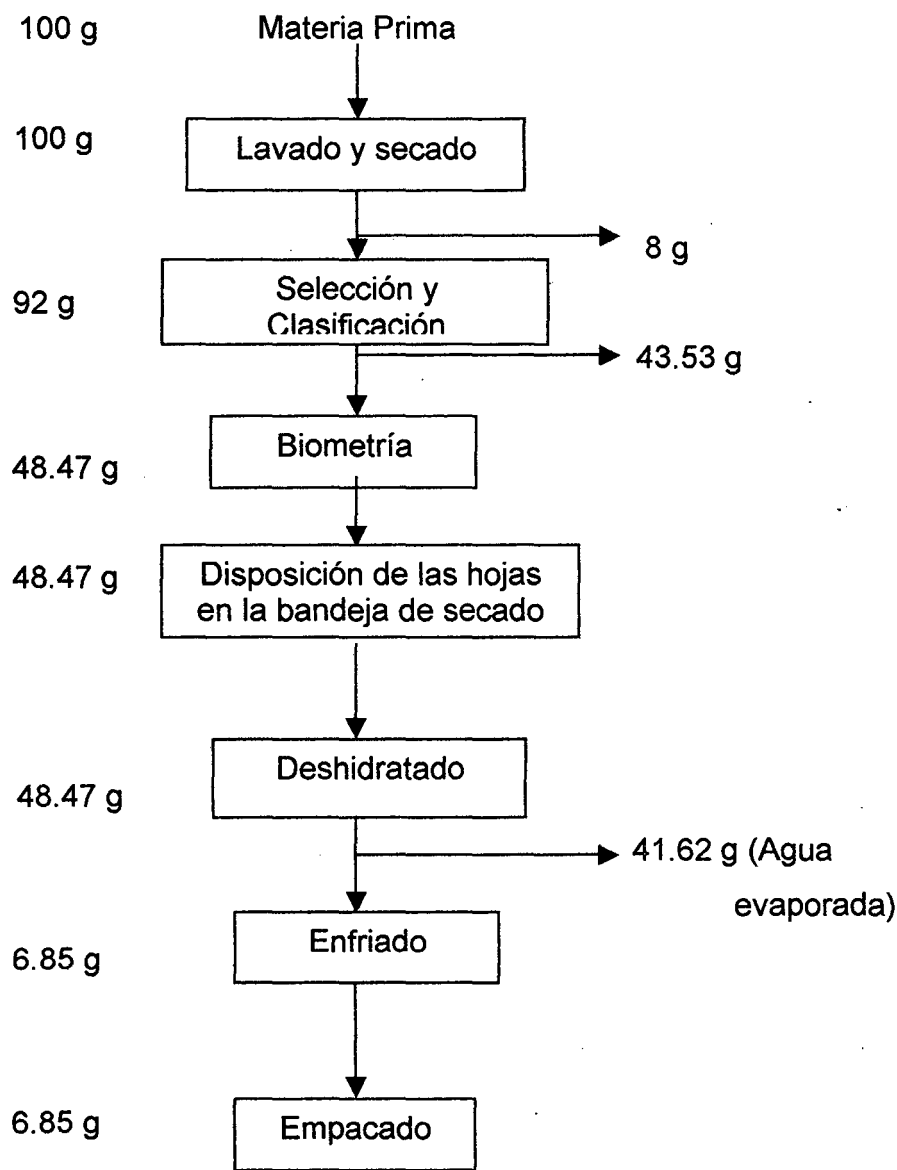


Figura N° 10 Diagrama de flujo del secado de Sacha culantro (*Eryngium foetidum* L.)

### **3.6.1 Obtención de la materia prima**

La materia prima, fue adquirida en el mercado N° 2 de la ciudad de Tarapoto, la cual fue cultivada en el caserío de las Palmas, distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

### **3.6.2 Lavado y secado**

Las hojas fueron lavadas para eliminar la tierra adherida, se usó papel secante para retirar gotas de agua. Esta operación fue realizada cuidadosamente, para no romper o maltratar las hojas.

### **3.6.3 Selección y clasificación**

Las hojas del mismo tamaño fueron seleccionadas, y clasificadas de acuerdo a la integridad que presentaron (que no hayan estado rotas, maltratadas, marchitas, o dañadas por ataque de insectos.)

### **3.6.4 Disposición de las hojas en la bandeja de secado**

Fueron dispuestos 48.5 g de hojas de Sacha Culantro de manera uniforme y ordenada en la bandeja de secado, luego fueron aseguradas con una cubierta de malla metálica para evitar su deformación por efectos de secado, manteniendo siempre la forma de placa plana.

### **3.6.5 Deshidratado**

El secado fue realizado en el secador del Laboratorio de Ingeniería y Diseño, tomando el peso en forma continua, a intervalos de tiempo establecidos, controlando siempre las temperaturas establecidas de 40 °C, 50 °C y 60 °C mediante el

psicrómetro y termostato, para efectos de mantener las mismas condiciones de secado entre muestras, a velocidades de aire constantes, 0.5 m/s, 0.8 m/s y 1.1 m/s, hasta un peso de 6.9 g, es decir a una humedad en base húmeda de 8%.

### **3.6.6 Enfriado**

Una vez llegado al peso establecido por ensayos preliminares realizados, se retiró la bandeja del secador, y la malla metálica que sirve de cubierta, enfriándose las hojas de Sacha Culantro por unos minutos para luego ser embolsado y sellado. En esta operación se debe ser muy cuidadoso para evitar que el material adsorba agua del medio ambiente.

### **3.6.7 Empacado**

Se empacó las hojas deshidratadas en bolsas de polipropileno de alta densidad que luego fueron selladas.

## **3.7. MÉTODOS DE CONTROL**

### **3.7.1 Controles en el Sacha culantro fresco**

Los controles que se realizaron al Sacha Culantro fresco fueron: análisis físico y análisis químico proximal.

#### **3.7.1.1. Análisis químico proximal**

##### **3.7.1.1.1 Humedad**

Se realizó por el método de la estufa a 110 °C durante 24 horas. (AOAC, 1990)

#### **3.7.1.1.2 Proteína total**

Se utilizó el equipo microkjeldhal (AOAC, 1990.) El porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6.25.

#### **3.7.1.1.3 Grasa total**

Fue determinada por extracción con éter etílico como solvente, mediante el método Soxhlet, (AOAC, 1990.)

#### **3.7.1.1.4 Ceniza total**

Se determinó por calcinación de la muestra en mufla, a 550 °C, durante cuatro horas (AOAC, 1990.)

#### **3.7.1.1.5 Fibra total**

Se determinó por hidrólisis ácida y alcalina (AOAC, 1990.)

#### **3.7.1.1.6 Carbohidratos totales**

Se obtuvo por diferencia, restándose de 100 la sumatoria de porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

#### **3.7.2 Controles durante el proceso**

Durante el proceso, se controló la temperatura de 40 °C, 50 °C y 60 °C en el secador mediante el psicrómetro, ubicado en la cámara de secado, las velocidades de aire fueron mantenidos constantes a 0.5 m/s, 0.8 m/s y 1.1 m/s.



**3.7.3 Controles fisicoquímicos del Sacha Culantro seco**

Los controles que se realizaron al Sacha Culantro seco, fueron los mismos que se realizaron al Sacha Culantro fresco.

**3.7.4 Análisis sensorial**

Para seleccionar las mejores condiciones de secado del Sacha Culantro, se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), teniendo como bloques a los Jueces que evaluaron los atributos de color, olor y apariencia general, mediante la prueba de diferenciación con escala hedónica de cinco puntos. Estos resultados se analizaron mediante el Análisis de Varianza (ANVA) a un nivel de significancia de 0.05 y las diferencias significativas mediante la prueba de TUCKEY al mismo nivel de significancia.

**3.7.5 Determinación de difusividad del agua**

Se determinó la difusividad del agua por medio de ajuste no lineal de los datos experimentales a la ecuación de Fick, y para ello se utilizó el programa MICROCAL ORIGIN 3.5. El programa STATISTICA 5.0, fue utilizado para graficar las superficies de respuesta.

Ecuación de Fick =  $\frac{\partial X}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 X}{\partial x^2}$  ..... ( 5 )

Solución de la ecuación de Fick para placa plana:

$\frac{X_t - X^*}{X_1 - X^*} = \frac{X}{X_1} = \frac{8}{\pi^2} \left[ e^{-D_L t (\pi/2_{x1})^2} + \frac{1}{9} e^{-9 D_L t (\pi/2_{x1})^2} + \frac{1}{25} e^{-25 D_L t (\pi/2_{x1})^2} \right] \dots ( 6 )$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

El resultado del análisis químico proximal de las hojas de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.) frescas, se presenta en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 3. Análisis químico proximal de las hojas de Sacha Culantro.**

COMPONENTES	HOJAS FRESCAS (%)	HOJAS SECAS (%)
Humedad	87.00	8.02
Proteínas	2.50	15.04
Grasa	0.23	1.74
Cenizas	1.84	14.46
Fibra	0.87	12.63
Carbohidratos totales	7.56	48.11

Fuente: Elaboración propia.

En comparación con los resultados reportados por RAMCHARAN (1999), la humedad es similar a la obtenida en el presente trabajo, mientras que la proteína, 2.50 % es inferior a la obtenida por el mismo autor, que indica un porcentaje de 3.3% de proteína; para grasa el porcentaje determinado 0.23 % resultó inferior al indicado en la literatura que es de 0.6%, en tanto que para los carbohidratos se obtuvo 7.56 %, valor superior al indicado por RAMCHARAN (1999) que es de 6.5%, siendo semejantes los valores para el porcentaje de ceniza ya que el mencionado autor da un 1.7% ceniza mientras que en el presente trabajo se obtuvo 1.84 %. Las diferencias encontradas entre RAMCHARAN (1999) y el presente trabajo puede deberse a que las muestras

analizadas proceden de zonas diferentes, siendo por lo tanto diferentes también los cuidados culturales de las mismas.

Otros valores publicados en cuanto al análisis proximal, indican 1.9 % de proteínas, 0.5 % de lípidos, en fibra 2.1 %, para carbohidratos 8.1%, resultados que difieren de los obtenidos en el laboratorio lo cual corrobora que las hojas de Sacha Culantro tienen diferente composición química de acuerdo a las diferentes zonas en las cuales se cultiven. (<http://amazonas.rds.org.co/libros/44/texto05.htm#l6>)

Como puede notarse en el cuadro N° 3, las hojas secas presentan mayor porcentaje de componentes sólidos que las hojas frescas, esto debido a que en las hojas frescas existe mayor contenido de humedad, y en las hojas secas el componente que se evaporó es agua, los otros componentes como en el caso de proteínas, carbohidratos, fibra, se mantendrán ya que estos no se evaporan, a excepción de los aceites volátiles, que no se pueden determinar por no contar con equipos apropiados para determinar la pérdida de los mismos por efectos del calor.

## **4.2. SECADO**

Las hojas de Sacha Culantro, tuvieron un espesor promedio de 1 mm, esta medida fue la que se utilizó para los cálculos de difusividad.

### **4.2.1 Cinética de secado**

Cuando se grafica el tiempo de secado (en segundos) con la humedad en base seca (en Kg de agua/Kg de SS), se obtienen las curvas de cinética de secado, los sólidos secos (SS) es la materia seca.

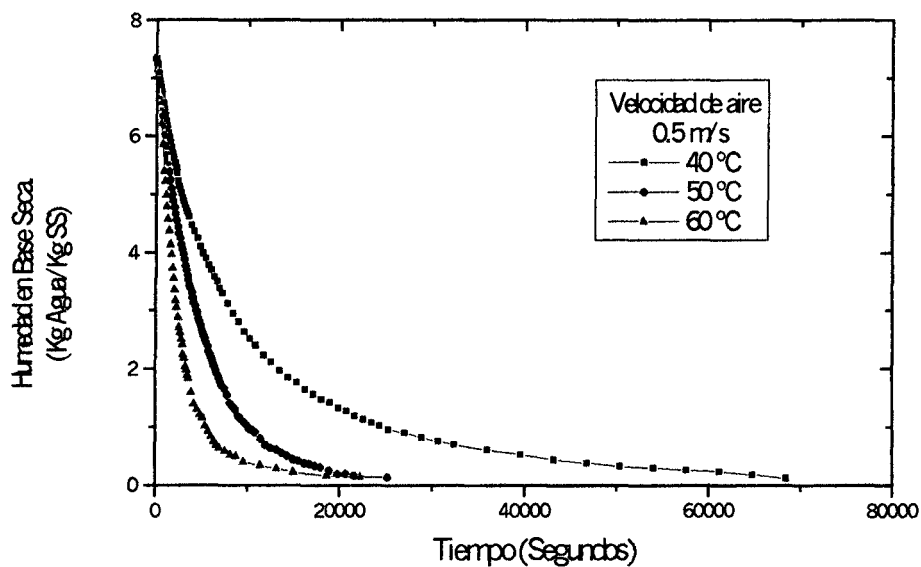


Figura N° 11. Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C con velocidad de aire de secado de 0.5 m/s.

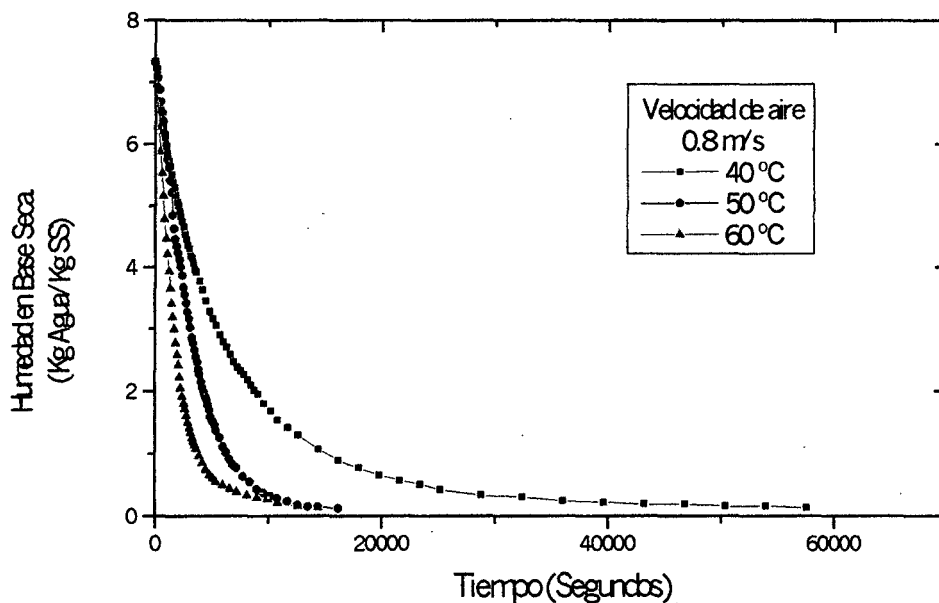


Figura N° 12. Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C con velocidad de aire de secado de 0.8 m/s.

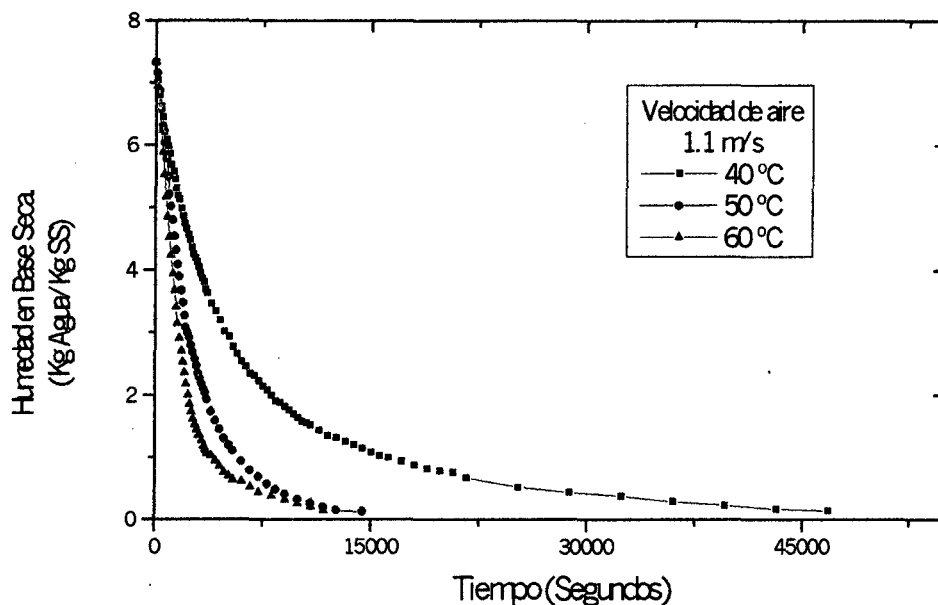


Figura N° 13 Cinética de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C con velocidad de aire de secado de 1.1 m/s

En las figuras 11, 12 y 13 se presentan las curvas de cinética secado de las hojas de Sacha Culantro. En todas ellas puede notarse que a mayor temperatura, manteniendo la velocidad del aire de secado constante, el tiempo de secado disminuye aumentando en consecuencia la velocidad de secado.

Así mismo en las figuras 11, 12 y 13 se puede notar claramente la influencia directa de la velocidad de aire y la temperatura sobre las curvas de cinética de secado, a mayor velocidad de aire y mayor temperatura menor será el tiempo de secado, lo cual coincide con lo indicado por TALIB e IBRAHIM, (1996), TRASMONTA (1993), SCHMALKO et al (1996), SIMAL et al (2000), para fréjol, orégano, yerba mate y áloe vera respectivamente.

4.2.2 Velocidad de secado

En las figuras 14, 15 y 16 apreciamos el comportamiento de la velocidad de secado para diferentes temperaturas y velocidades del aire del secado. El ajuste de las curvas fue realizado mediante regresión no lineal utilizando el modelo de Boltzman.

# Boltzman =  $(A1-A2) / \{ 1+\exp((x-x0)/dx) \} + A2$  ..... ( 7 )

Donde:

- x0 : Valor Central.
- dx : Incremento
- A1 : Valor inicial, variable dependiente.
- A2 : Valor final, variable dependiente.

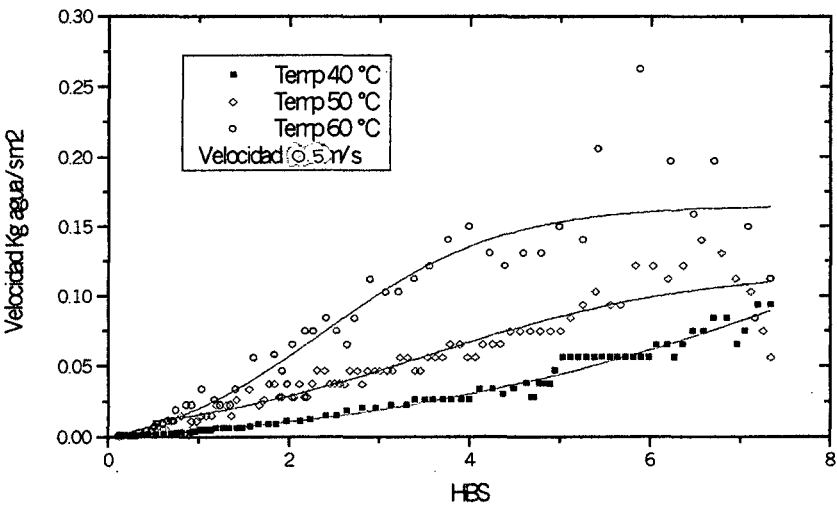


Figura N° 14. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de secado de 0.5 m/s

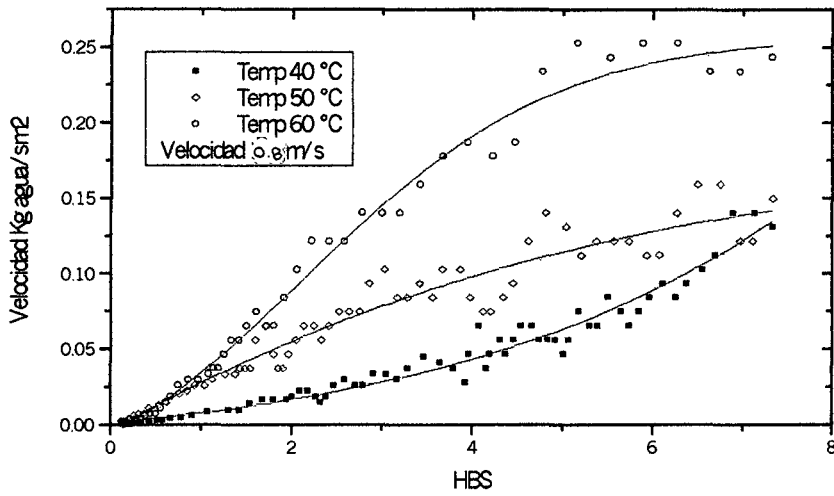


Figura N° 15. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad constante de aire de secado de 0.8 m/s.

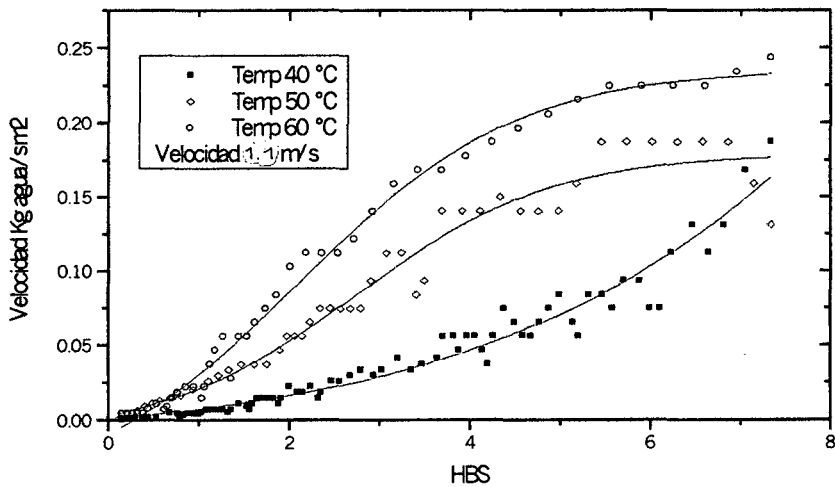


Figura N° 16. Velocidades de secado a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad constante de aire de 1.1 m/s.

En las figuras 14, 15 y 16 puede notarse que las diferentes curvas no presentan el periodo de velocidad constante, sino solamente el periodo de velocidad decreciente, lo que indica que la velocidad de secado de las hojas de Sacha Culantro está influenciada por la difusividad, así mismo la velocidad de secado está fuertemente influenciada por la temperatura y también por la velocidad del aire de secado.

En los estudios realizados por LÓPEZ *et al.* (2000) en hojas de lechuga se encuentran resultados similares sobre la influencia de la temperatura y la velocidad de aire en las curvas de velocidad secado; comportamiento reportado también por TRASMONTE (1993) para orégano, este último indica que el aumento de la velocidad del aire incrementa la turbulencia de la corriente que pasa a través del producto arrastrando el vapor de agua que se encuentra en las superficies respectivas.

#### 4.2.3 Difusividad

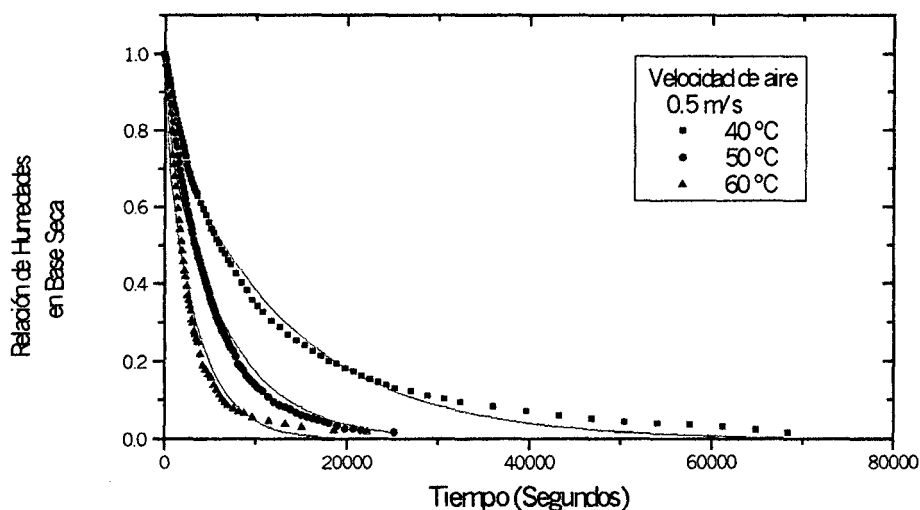


Figura N° 17. Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de secado de 0.5 m/s



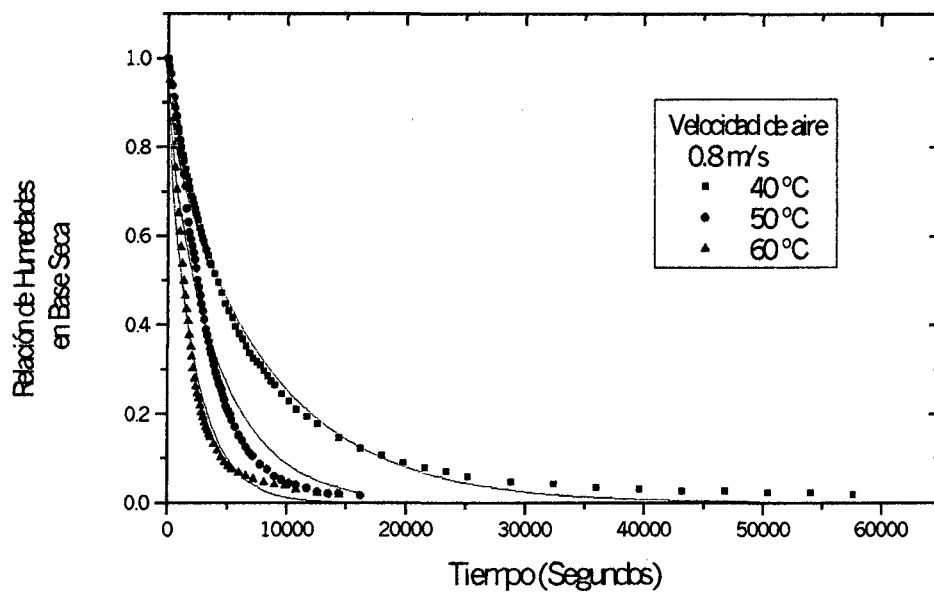


Figura N° 18. Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de secado de 0.8 m/s

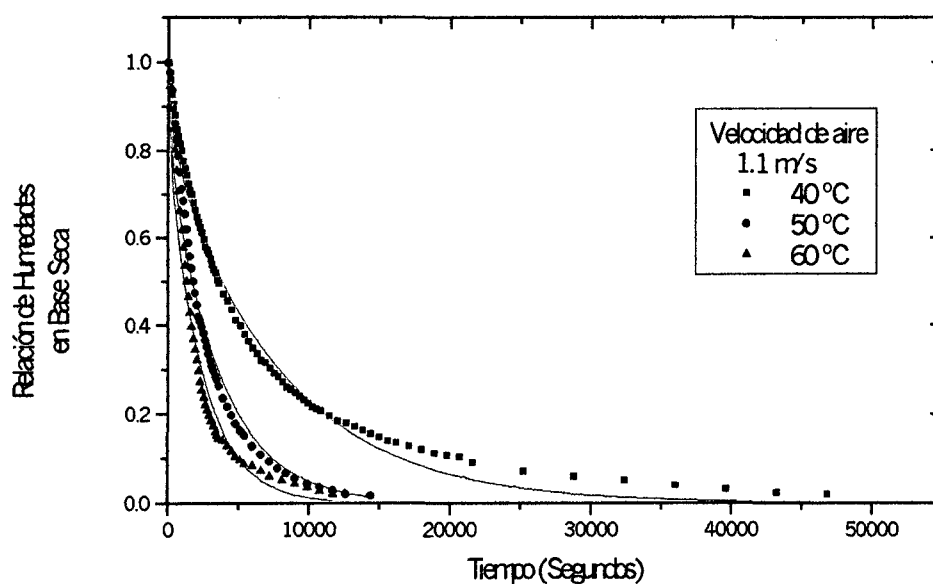


Figura N° 19. Comportamiento de las difusividades a temperaturas de 40, 50 y 60 °C a velocidad de aire de 1.1 m/s

En las figuras 17, 18 y 19 se muestran las curvas experimentales de cinética de secado (tiempo en segundos y humedades en base seca como relación adimensional) y las simuladas utilizando el modelo de Fick. Para obtener los valores de difusividad aparente se aplicó regresión no lineal, haciendo uso del programa Microcal Origin 3.5, que permitió determinar un grado de ajuste razonable del modelo de Fick a los datos experimentales, (cuadro 4).

**Cuadro 4. Difusividad aparente del Sacha Culantro a diferentes tratamientos de velocidad de aire y numero de ventiladores.**

Temperatura °C	Velocidad de aire (m/s)	Difusividad (x 10 <sup>11</sup> m <sup>2</sup> /s)
40	0.5	3.04
	0.8	4.68
	1.1	5.16
50	0.5	6.25
	0.8	8.98
	1.1	11.30
60	0.5	11.51
	0.8	16.68
	1.1	17.00
SOLAR		5.32

En el cuadro 4 y en la figura 20 puede notarse como influye directamente la temperatura y la velocidad de aire sobre la difusividad del agua de las hojas de



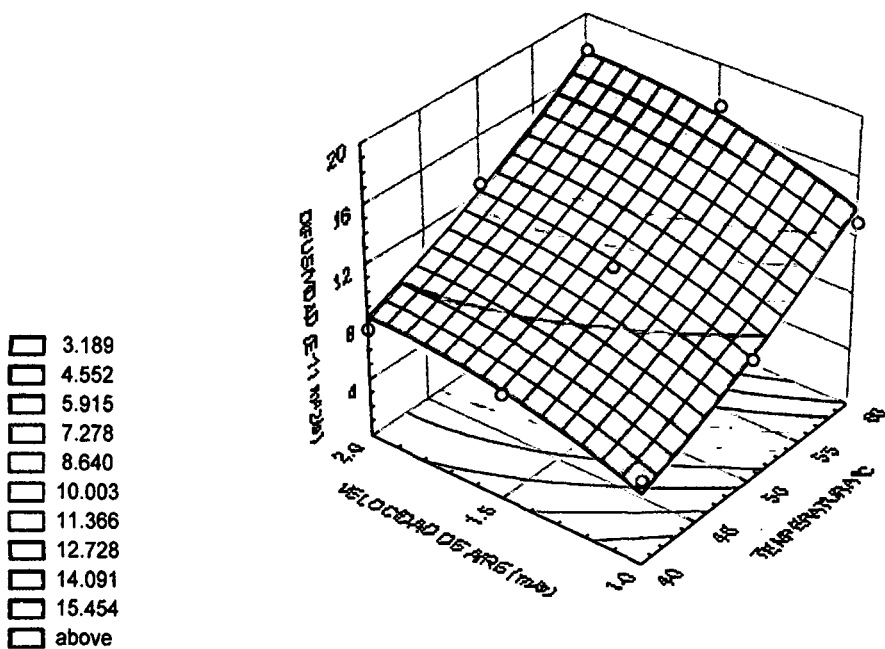


Figura 20 Superficie de respuesta para la difusividad del agua de las hojas del Sacha Culantro.

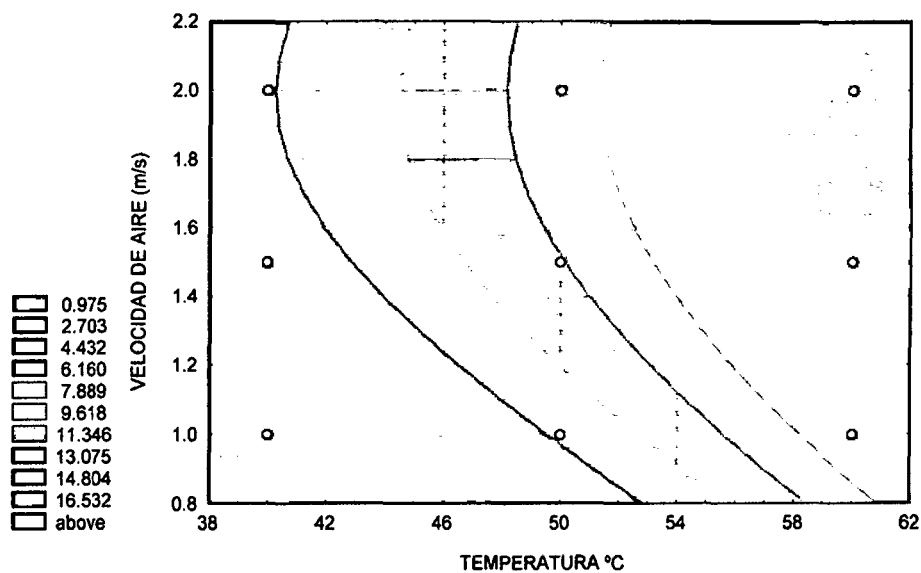


Figura 21 Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para las difusividades.

En las figuras 20 y 21 se presenta la difusividad como función de la temperatura y velocidad del aire de secado.

En la superficie de respuesta se puede notar claramente como influyen la temperatura y la velocidad del aire de secado en la difusividad, pues a mayor temperatura y mayor velocidad de aire es mayor la difusividad del agua presente en las hojas del Sacha Culantro, comportamiento similar es reportado por SCHMALKO et al (1996) para hojas de yerba mate.

La ecuación que representa la superficie de respuesta para difusividad y que permite predecir valores de esta propiedad, en función a las variables independientes (temperatura, velocidad de aire de secado) por lo cual es importante para el secado de este material es:

$$z=-12.453-0.296*x+0.008*x^2+17.06*y-4.28*y^2 .....( 8 )$$

en esta ecuación la variable “x” representa a la temperatura de secado, mientras que la variable “y” representa a la velocidad del aire empleado.

**4.3 ANALISIS SENSORIAL.**

**4.3.1 ANALISIS DE VARIANZA**

Para elegir el mejor tratamiento se realizó el Análisis sensorial según el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para este análisis se contó con la participación de 12 panelistas semientrenados, los que a través de una ficha de evaluación, en donde evaluaron los atributos de sabor, olor y aspecto general de las

hojas de Sacha culantro de los nueve tratamientos realizados en el secador del laboratorio y un tratamiento del secador solar. Por encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos, se realizó la prueba de promedios de Tuckey al 5% de probabilidad, encontrando los resultados presentados en el cuadro 5.

Cuadro 5. ANVA para las características de Sabor, olor y aspecto general de los tratamientos de secado del Sacha Culantro.

Atributo	Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	$F_{\alpha=0.05}$	Nivel de Significancia
Sabor	Jueces	11	9.8917	0.8992	1.8729	3.105	NS
	Tratamientos	09	13.5747	1.5083	3.1416	1.94	**
	Error Experimental	99	47.5336	0.4801			
	Total	119	71				
Olor	Jueces	11	10.8917	0.9902	2.8389	3.105	NS
	tratamientos	09	25.575	2.8417	8.1471	1.94	**
	Error Experimental	99	34.5333	0.3488			
	Total	119	71				
Aspecto General	Jueces	11	2.6917	0.2447	0.3801	3.105	N.S
	tratamientos	09	26.575	2.9528	4.5865	1.94	**
	Error Experimental	99	63.7333	0.6438			
	Total	119	93				

Fuente: Elaboración propia.

Como puede notarse en el cuadro 5 no hay diferencia significativa entre los Jueces, pero si entre los tratamientos de secado del Sacha Culantro, por ello se sometieron estos resultados a la prueba de Tuckey al 5 % de probabilidad.

Los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial con jueces semientrenados se muestra en los cuadros 6, 7 y 8, para sabor, olor y apariencia general respectivamente.

Para el Sabor se encontró diferencia significativa como se muestra en el cuadro 6 entre los tratamientos de 40 °C con velocidad de aire de 1.1 m/s, con los tratamientos a 60 °C con velocidad de aire de 0.5 y 0.8 m/s, respectivamente, lo mismo que el tratamiento con 50 °C y con velocidad de aire de 1.1 m/s es significativo con los tratamientos con 60 °C a velocidad de aire de 0.5 y 0.8 m/s, como en el caso anterior, y el tratamiento a 40 °C con una velocidad de 0.8 m/s, es significativo con el tratamiento a 60 °C y velocidad de aire de 0.5 m/s, considerándose como el mejor tratamiento de secado el realizado con velocidad de aire de 1.1 m/s a temperatura de 40 °C, mientras que el peor tratamiento fue el realizado a temperatura de 60 °C con velocidad de aire de 0.5 m/s.

Cuadro 6 Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo Sabor.

Característica.	Temperatura °C	Velocidad de Aire (m/s)	Tratamiento.	Promedio Ordenado.	Significancia.
SABOR	40	1.1	C	0.83	a ab
	50	1.1	F	0.75	b bc
	40	0.8	B	0.67	c
	Solar		J	0.58	
	50	0.8	E	0.50	
	40	0.5	A	0.33	
	60	1.1	D	0.08	
	50	0.5	I	0.08	
	60	0.8	H	-0.17	a b
	60	0.5	G	-0.25	ab bc c

Fuente: Elaboración propia.

Para el Olor se encontró que el secado a temperatura de 40 °C y velocidad de aire de 1.1 y 0.8 m/s, son tratamientos que reportan el mayor grado de aceptabilidad (cuadro 7)

Los peores tratamientos fueron a temperatura de 60 °C con velocidad de 0.8 y 0.5 m/s, los mismos que presentan promedios negativos.



Cuadro N° 7 Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo olor.

Característica.	Temperatura °C	Velocidad de Aire (m/s)	Tratamiento.	Promedio Ordenado.	Significancia.
OLOR	40	2.0	C	0.83	a ab ac ad
	40	1.5	B	0.83	b bc bd be
	50	2.0	F	0.67	c cd ce cf
	40	1.0	A	0.58	e ef eg
	Solar		J	0.50	f fg
	50	1.5	E	0.25	
	60	2.0	I	-0.17	a b c
	60	1.0	G	-0.25	ab bc cd e
	60	1.5	D	-0.33	ac bd ce ef f
	50	1.0	H	-0.33	ad be cf eg fg

Fuente: Elaboración propia.

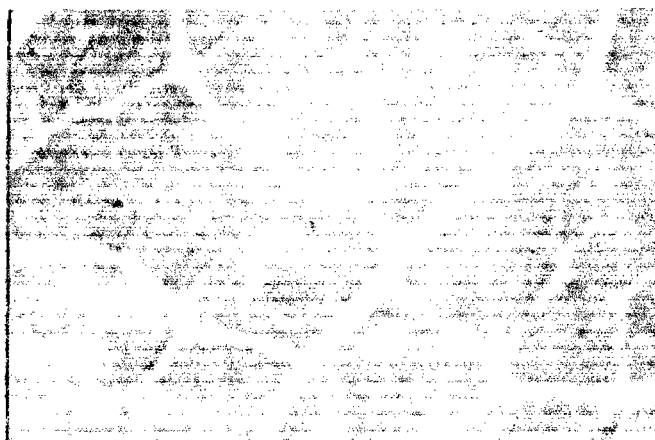
Para el aspecto general el mejor tratamiento en el secado de las hojas de Sacha Culantro fue a temperatura de 40 °C y velocidad de aire de 0.8 m/s, tal como se muestra en el cuadro 8

Los peores tratamientos fueron a temperatura de 60 °C y velocidad de aire de secado de 0.8 y 0.5 m/s, los mismos que presentan promedios negativos.

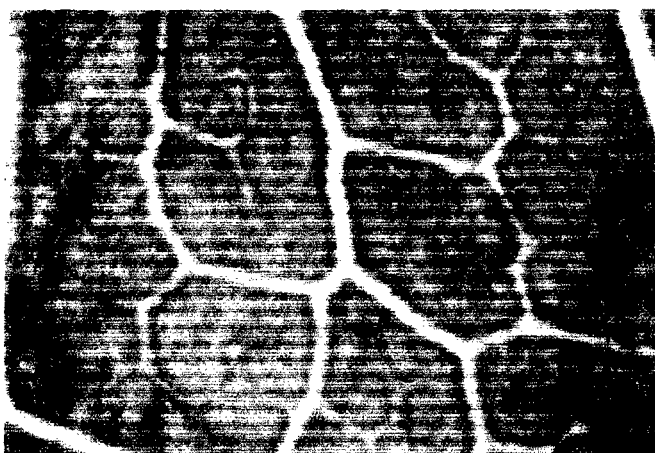
Cuadro N° 8      Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial para el atributo aspecto general.

Característica.	Temperatura °C	Velocidad de Aire (m/s)	Tratamiento.	Promedio Ordenado .	Significancia.
ASPECTO GENERAL	40	1.5	B	1.08	a    ab
	40	2.0	C	1.00	bc        b.
	40	1.0	A	0.83	c
	50	2.0	F	0.75	
	50	1.5	E	0.50	
	Solar		J	0.25	
	60	2.0	D	0.08	
	50	1.0	I	0.08	
	60	1.0	G	-0.25	c        b.
	60	1.5	H	-0.25	a.        ab bc

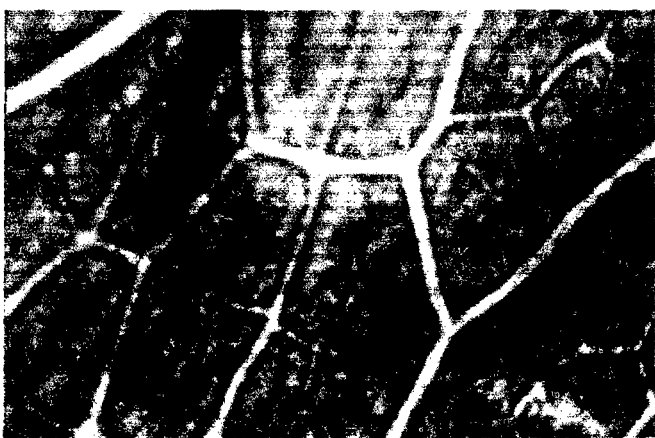
Fuente: Elaboración propia.



(a)



(b)



(c)

Figura N° 22 Fotografía al Microscopio Óptico de hojas de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), durante el proceso de secado, (a) etapa inicial de secado, (b) etapa intermedia del secado, (c) etapa final. (Foto: Heredia, J. 2001).

Como puede notarse en la figura 22 (a, b y c) la temperatura (calor) influye sobre el color de las hojas, pasando de verde claro (su color original) a un verde oscuro con tendencia a marrón, lo que indica que los compuestos de las hojas sufren cambios por efectos de la temperatura.

4.3.2. SUPERFICIES DE RESPUESTA PARA EL ANALISIS SENSORIAL

4.3.2.1. SABOR.

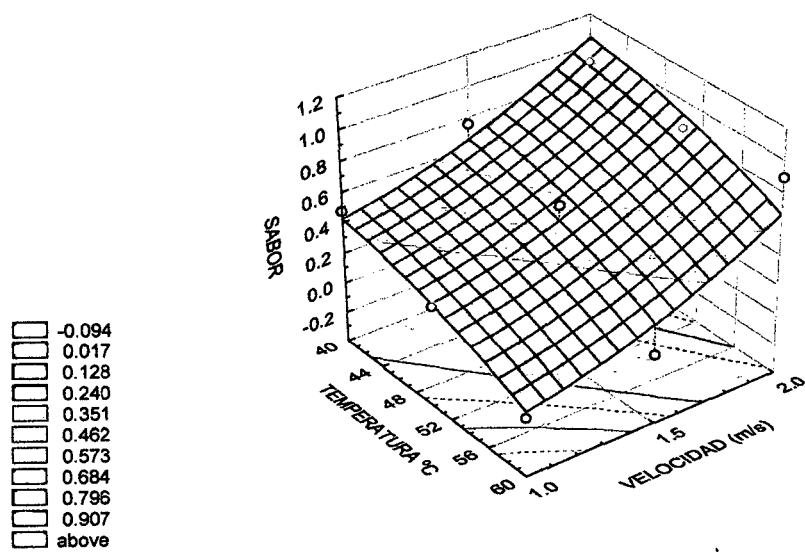


Figura N° 23. Superficie de respuesta para el atributo **sabor** luego del deshidratado del Sacha Culantro según el análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.

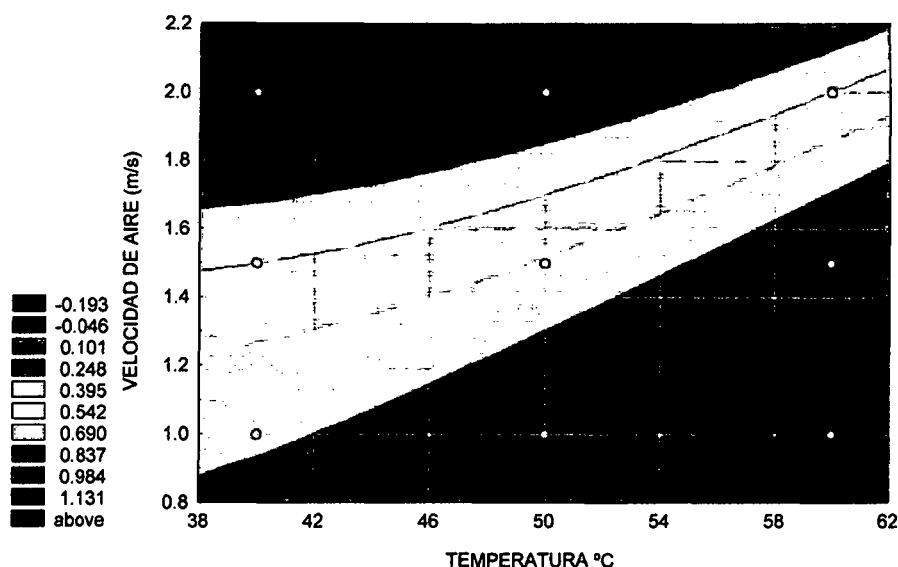


Figura N° 24 Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el sabor

En cuanto al sabor con respecto a los tratamientos recibidos para la deshidratación del Sacha Culantro, fue considerado el más aceptable el tratamiento con velocidad de aire de 1.1 m/s, y temperatura de 40 °C. En la figura 23 puede verse que este atributo se comporta de forma decreciente cuando se incrementa la temperatura y se disminuye la velocidad de aire.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo sabor esta dada por:

$$z = -0.443 + 0.0467x - 0.0007x^2 - 0.421y + 0.39y^2$$

Donde:

X = Temperatura.

Y = Velocidad de secado.

### 4.3.2.2 OLOR

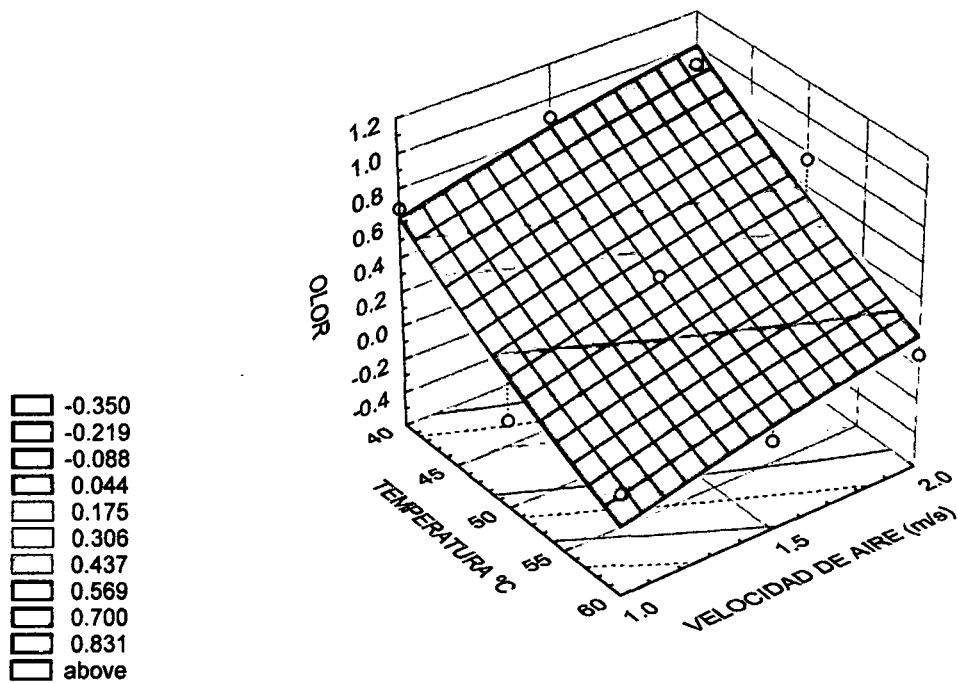


Figura N° 25. Superficie de respuesta para el atributo **olor** luego del deshidratado del Sacha Culantro según el análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.

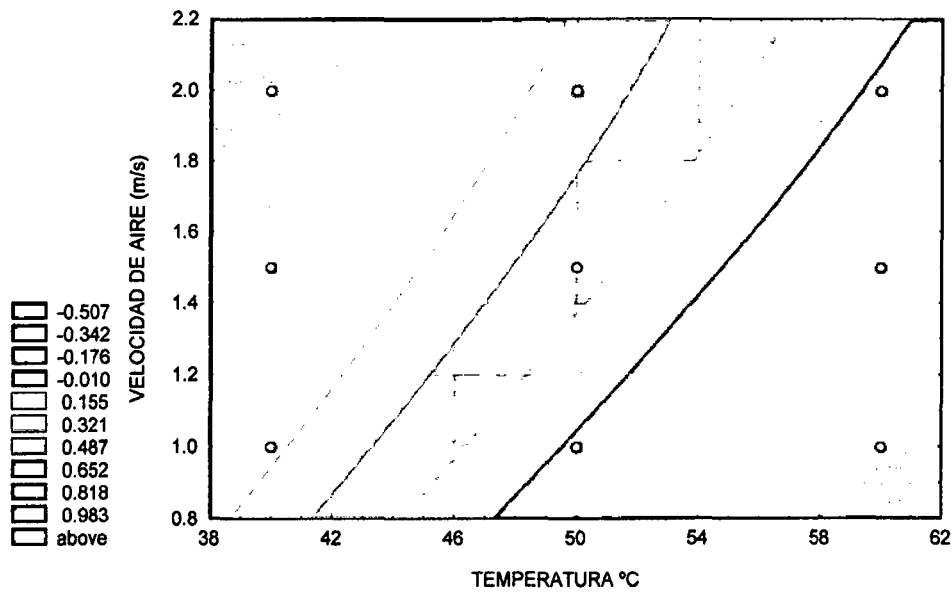


Figura N° 26 Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el **sabor**

En la figura N° 25 se puede notar que a velocidades menores y temperaturas altas la preferencia de los panelistas con respecto al atributo **olor** es la más baja, mientras que el mejor tratamiento según los panelistas está indicado en la región de temperaturas bajas y velocidades de aire elevadas.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo **olor** esta dada por:

$$z=3.174-0.105*x+0.0005*x^2+0.778*y-0.1113*y^2$$

Donde:

X = Temperatura.

Y = Velocidad de secado.

#### 4.3.2.3

#### APARIENCIA GENERAL

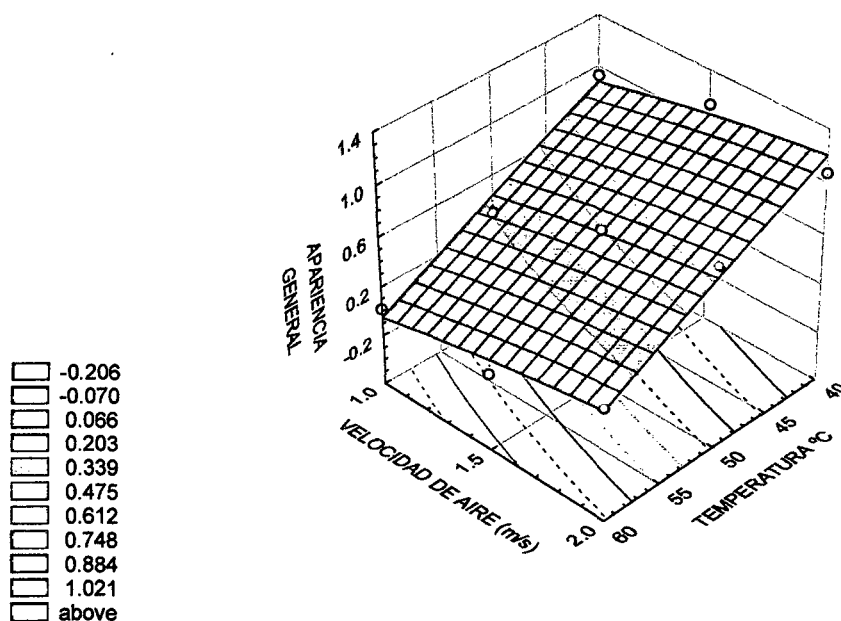


Figura N° 27. Superficie de respuesta para el atributo **aspecto general** luego del deshidratado del Sacha Culantro Análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.



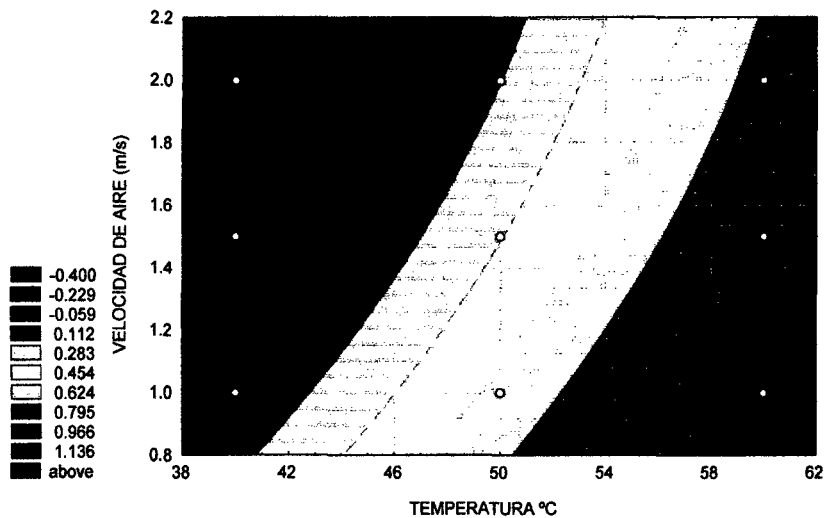


Figura N° 28. Representación grafica de las curvas de nivel de la superficie de respuesta para el sabor.

La ecuación que representa la superficie de respuesta del atributo sabor esta dada por:

$$z=1.71-0.0277*x-0.00027*x^2+0.7229*y-0.111*y^2$$

Donde:

X = Temperatura.

Y = Velocidad de secado.

Para la apariencia general el mejor tratamiento fue a temperatura de 40 °C y velocidad de aire de 1.1 m/s, esto se puede afirmar debido a que en la prueba de promedios del análisis sensorial y en el análisis de superficie de respuesta alcanza los más altos valores en los tres atributos tomados en cuenta, ( Figura N° 27).

En el grafico de superficie de respuesta, para el aspecto general luego de la deshidratación del Sacha Culantro los panelistas califican como el mejor tratamiento al tratamiento ubicado en la region a bajas temperaturas y velocidades de aire elevadas ocurriendo lo contrario a velocidades de aire menores y a temperaturas elevadas.

En este tipo de gráficas de superficie de respuesta no fue considerado el tratamiento en el secador solar, pues no estaba incluido en el diseño experimental, pero si para los análisis de comparación, además la temperatura dentro del secador solar es variable al igual que la velocidad de aire en función a las condiciones climatológicas.

Mediante las gráficas de superficie de respuesta, se puede también afirmar, como en las pruebas de promedios, que el mejor tratamiento fue el realizado a 40 °C y velocidad de aire de 1.1 m/s, pues es el tratamiento que mejor mantiene los atributos del Sacha Culantro.

Con el tratamiento de secado a temperatura de 40 °C con velocidad de aire 1.1 m/s, se conserva mejor el olor, sabor y apariencia general, a temperaturas mayores (50 y 60 °C) la hoja de Sacha Culantro adquiere un olor y sabor a quemado, y apariencia general de hojas marchitas, maltratadas y con color que tiende al marrón.

Con temperaturas bajas y velocidades de aire altas, puede considerarse que los compuestos del Sacha Culantro no hayan sufrido muchos cambios, y se haya podido conservar mejor el aceite esencial que da el sabor y olor característico a este vegetal. Esto puede apreciarse en las figuras 29 y 30 correspondiente a la hoja fresca y

deshidratada, respectivamente.



**Figura N° 29 Fotografía de la hoja de Sacha Culantro fresco.**



**Figura N° 30 Fotografía de la hoja de Sacha Culantro deshidratado con el mejor tratamiento a 40 °C y velocidad de aire de 1.1 m/s.**

## V. CONCLUSIONES.

1. Existe una relación inversa entre la velocidad y temperatura del aire con el tiempo del proceso de secado, ya que a menor velocidad y menor temperatura, el periodo de secado es mayor, y a mayor temperatura y mayor velocidad de aire, el tiempo de secado es menor.
2. La velocidad de secado varía en forma directa con el contenido de humedad presente en las hojas de Sacha Culantro.
3. A temperatura de 40 °C y velocidad de aire de 1.1 m/s, el Sacha Culantro deshidratado presentó mayor aceptación según el análisis sensorial realizado con panelistas semientrenados.
4. La difusividad del agua presente en las hojas de Sacha Culantro fue mayor a altas temperaturas y velocidades del aire de secado elevadas, variando desde  $3.04 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  a 40 °C y 0.5 m/s hasta  $17.00 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  con 60 °C y 1.1 m/s
5. La Difusividad está relacionada directamente con la velocidad de secado, es decir a mayor velocidad de secado, mayor Difusividad
6. El modelo matemático utilizado para modelar y simular la Cinética de secado (ecuación de Fick para placa plana) presentó buen grado de ajuste con los datos experimentales.

## VI. RECOMENDACIONES.

1. Realizar investigaciones de tipo agronómico sobre el cultivo de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.) con el fin de tener información sobre el manejo en esta zona del cultivo de Sacha Culantro con fines de comercialización a escala industrial.
2. Realizar estudios comparativos sobre extracción de aceite esencial de Sacha Culantro (*Eryngium foetidum* L.), Sacha Culantro fresco y Sacha Culantro seco, como también hacer estudios para determinar sus componentes los cuales le dan el aroma y sabor característico de este vegetal.
3. Realizar estudios complementarios de manejo post-cosecha, como de almacenamiento, tanto de Sacha Culantro Fresco, como de Sacha Culantro seco, para determinar la mejor forma de mantener la vida útil de este vegetal.
4. Realizar un estudio estadístico de la producción del Sacha Culantro en la Región San Martín.
5. Aprovechar la asignatura de Diseño y construcción de equipos para la Agroindustria para hacer un trabajo en el cual se pueda determinar con mayor especificidad las características del secador del laboratorio por flujo de aire caliente.
6. Implementar los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial para facilitar los trabajos de investigación de los alumnos que realicen sus trabajos en ellos.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. A.O.A.C. (1990), "Official methods of the Association of Official Analytical Chemists" Arlington, V.A.
2. Ahmet, M.; Labuza, T. (1996), Effect of geometry on the effective moisture transfer diffusion coefficient, Journal of Food Engineering, 30, 433-447.
3. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (1999), Vol 49 N° 3.
4. Barbosa-Cánovas, G.; Vega-Mercado, H. (2000), "Deshidratación de alimentos" Editorial Acribia, Zaragoza – España.
5. Box, G.E.P.; Hunter, W.G.; Hunter, J.S. (1978), "Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis and model building", New York, Wiley & Sons.
6. Cornell, John A. (1990.), "How to apply response surface methodology".
7. FAO <http://fao.org/landalwater/agll/rla128/iap/iap2/capituloIII-39.htm#top0fpag>.
8. Fuentes, V.; Rodríguez, N.; Rodríguez, C. (1996) "La germinación del Culantro", Revista Cubana de plantas medicinales, 1 (2): 31-33.

9. Geankoplis, Ch. (1998). "Procesos de transporte y operaciones unitarias", Compañía Editorial Continental S.A, CECSA, México.
10. Hernández, J.; Pavón, G.; García, M. (2000), Analytical solution of mass transfer equation considering shrinkage for modeling food-drying kinetics, Journal of Food Engineering, 45, 1-10.
11. Honeychurch, P.N. (1980). Caribbean wild plants and their uses. Letchworth Press, Barbados, W.I.
12. <http://amazonas.rds.org.co/libros/44/texto05.htm#l6>
13. <http://www.cookaround.net/cocina/erbe/erba-11.php3>
14. <http://export.co.cr/español/productos.htm>
15. <http://freixe-net.com/sensorial/recursos.htm>
16. <http://www.addnet.es/noproblema/xagoaza2000/cata.html>
17. Janick, J. Purdue University. Center for new Crop & Plant Products  
<http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/default.html>

18. López, A.; Iguaz, A.; Esnoz, A.; Virseda P. (2000), Thin-layer drying behaviour of vegetable wastes from wholesale market, *Drying Technology*, 18 (4&5), 995-1006.
19. Mahabir, K. (1991). Medicinal and edible plants used by East Indians of Trinidad and Tobago. Chackra Publ. House, El Dorado, Trinidad, W.I.
20. Maroulis, Z.; Tiranoudis, C.; Marinos.; D. (1995), Heat and mass transfer modeling in air drying of foods, *Journal of Food Engineering*, 26, 113-130
21. Mathias, M; Constancel, E. (1962). "Flora of Peru". Vol XIII. Botanical Series Field Museum of Natural History". Chicago. U.S.A.
22. Mendieta , O. (1999), "Purificacao de lipase de *Geotrichum* sp. por resina cromatografica de interacao hidrofobica. Modelagen, simulacao e validacao de parámetros . Campinas. Brasil.
23. Mostacero, J.L. y Mejía F.C. (1993) "Taxonomía de fanerógamas Peruanas, CONCYTEC. Lima, Perú.
24. Ocon Tojo (1980). Problemas de Ingeniería Química, Tomo II; Impreso en España. Graficas Halar S 1, Andrés de la Cuerda, Madrid.



25. Perez, E.; Iparraguirre, D.; Millán, B Junepe H. (2001) Estudios botánico-farmacológico de Sacha Culantro, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM, <http://www.unmsm.edu.pe/biologia/investigacion/c2dir210.htm>
26. Pinedo, M.; Rengifo, E.; Cerruti.; T. (1997) Manual de Cultivo de Plantas medicinales TCA – SPT. I.I.A.P. 1200 p
27. Puras, J. Culantro/ Recao, <http://www.caribbeanseeds.com/culantro.htm>
28. Ramcharan, C. (1999). Culantro: A much utilized, little understood herb. p. 506–509. In: J. Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
29. Rapusas, R.; Driscoll, R. (1995), The thin-Layer drying characteristics of white onion slices, Drying Technology, 13(8&9), 1905-1931.
30. Rubatzky, V.E., Yamaguchi, M. (1997), World vegetables. Principles, production, and nutritive values. Second Edition. Chapman and Hall, New York, NY, U.S.A., 843 p
31. Simal, S.; Femenía, A.; Llull, P.; Rosselló, C. (1999). “Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties” Journal of Food Engineering, 43, 109-114.

32. Solórzano H.A. (1996) "Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía", T.C.A. Lima - Perú.
33. Talib, W.; Ibrahim, M. (1996), Characteristic drying curves of cocoa beans, *Drying Technology*, 14(10), 2387-2396.
34. Transmonte, W. (1993) "Deshidratación del orégano (*Origanum vulgare*) por el método de flujo de aire caliente", Tesis Ing Ind Alimentarias, UNA La Molina, Lima Perú.
35. Wilson, P.L. (1991). Cilantro—heart of the ubiquitous sofrito. p. 12–13. Food section. San Juan Star, June 16, 1991. San Juan, Puerto Rico.
36. Zogzas, Z.; Maroulis, B.; Marinos, D. (1996), Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs, *Drying Technology*, 14(10) 2225-2253.

## **VIII. ANEXOS.**

- 8.1** Ficha de encuesta para determinar la preferencia de los panelistas a las hojas del Sacha Culantro luego de los diferentes tratamientos de secado.

### Ficha de encuesta para el análisis sensorial.

Nombre \_\_\_\_\_

Producto: Sacha culantro.

Fecha: 13 – 06 – 2001.

Hora: \_\_\_\_\_

Frente a usted tiene seis muestras de Sacha culantro deshidratado, por favor marque con una "X" en el lugar que indique su opinión con respecto al: Sabor, Color, Aspecto general.

ESCALA	SABOR									OLOR									ASPECTO GENERAL								
	325	432	728	081	287	146	382	751	957	325	432	728	081	287	146	382	751	957	325	432	728	081	287	146	382	751	957
MUY BUENO																											
BUENO																											
NI BUENO NI MALO																											
MALO																											
MUY MALO																											

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

**MUY AGRADECIDO.**

8.2 Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo sabor de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.

JUECES	S A B O R										TOTAL
	325	432	728	0.81	287	146	382	751	957	147	
1	0	-1	1	-1	0	0	-1	-1	0	0	-3
2	0	0	1	-1	0	0	1	0	1	0	2
3	1	1	1	0	0	1	0	-1	-1	0	2
4	0	1	1	0	0	1	-1	0	0	1	3
5	-1	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	-1
6	1	1	2	1	0	1	-1	0	0	1	6
7	0	1	1	0	1	1	-1	0	0	1	4
8	1	1	2	0	1	1	0	0	0	1	7
9	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5
10	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	5
11	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	1	6
12	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5
TOTAL	4	8	10	1	6	9	-3	-2	1	7	41
X	0.333	0.667	0.833	0.083	0.500	0.750	-0.250	-0.167	0.083	0.583	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	

FACTOR DE CORRECCIÓN:  $= 41^2/(10*12) = 14.0083$

SUMA DE CUADRADOS TOTALES:  $0^2 + (-1)^2 + ..... + 1^2 + 7^2 = 71$

SUM. DE CUAD. DE BLOQUES:  $\frac{-3^2 + 2^2 + ..... + 6^2 + 5^2}{10} = 23.9$   
 $23.9 - 14.0083 = 9.8917$

SUM DE CUAD DE TRATAMIENTO:  $\frac{4^2 + 8^2 + ..... + 1^2 + 7^2}{12} = 27.583$   
 $27.583 - 14.0083 = 13.5747$

### ANVA PARA EL DBCA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	$F_{\alpha=0.05}$	Nivel de Significancia
Bloques	11	9.8917	0.8992	1.8729	3.105	NS
Tratamientos	09	13.5747	1.5083	3.1416	1.94	**
Error Experimental	99	47.5336	0.4801			
Total	119	71				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.4801}{12}} = 0.2$$

$$Q_{\alpha=0.05} = (9, 99) = 4.546$$

$$W (A.E.S.) = 0.2 * 4.546 = 0.9092$$

C = 0.8333
F = 0.7500
B = 0.6667
J = 0.5833
E = 0.5000
A = 0.3333
D = 0.0833
I = 0.0833
H = -0.167
G = -0.250

			S A B O R		
COMPARACION			DIF ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
C	&	F	0.0833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	B	0.1667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	J	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	E	0.3333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	A	0.5000	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	D	0.7500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	I	0.7500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
C	&	H	1.0000	0.9092	SIGNIFICATIVO
C	&	G	1.0833	0.9092	SIGNIFICATIVO
F	&	B	0.0833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	J	0.1667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	E	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	A	0.4167	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	D	0.6667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	I	0.6667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
F	&	H	0.9167	0.9092	SIGNIFICATIVO
F	&	G	1.0000	0.9092	SIGNIFICATIVO
B	&	J	0.0833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	E	0.1667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	A	0.3333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	D	0.5833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	I	0.5833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	H	0.8333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
B	&	G	0.9167	0.9092	SIGNIFICATIVO
J	&	E	0.0833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
J	&	A	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
J	&	D	0.5000	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
J	&	I	0.5000	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
J	&	H	0.7500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
J	&	G	0.8333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
E	&	A	0.1667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
E	&	D	0.4167	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
E	&	I	0.4167	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
E	&	H	0.6667	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
E	&	G	0.7500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
A	&	D	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
A	&	I	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
A	&	H	0.5000	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
A	&	G	0.5833	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
D	&	I	0.0000	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
D	&	H	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
D	&	G	0.3333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
I	&	H	0.2500	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
I	&	G	0.3333	0.9092	NO SIGNIFICATIVO
H	&	G	0.083	0.9092	NO SIGNIFICATIVO

**8.3** Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo olor de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.

JUECES	O L O R										TOTAL
	325	432	728	0.81	287	146	382	751	957	147	
1	0	1	1	0	0	1	-1	-1	0	1	2
2	1	1	0	-1	0	0	-1	0	-1	0	-1
3	0	0	1	0	1	1	-1	0	-1	0	1
4	1	1	2	0	1	1	0	0	1	0	7
5	0	0	1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-4
6	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5
7	0	1	1	-1	0	1	0	0	0	1	3
8	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5
9	1	1	1	-1	0	0	0	-1	0	-1	0
10	1	1	1	0	1	1	0	-1	-1	1	4
11	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
12	0	1	0	0	-1	1	0	0	0	1	2
TOTAL	7	10	10	-4	3	8	-3	-4	-2	6	31
X	0.583	0.833	0.833	-0.333	0.250	0.667	-0.250	-0.333	-0.167	0.500	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	

**FACTOR DE CORRECCIÓN:**  $= 31^2/(10*12) = 8.0083$

**SUMA DE CUADRADOS TOTALES:**  $0^2 + (-1)^2 + ..... + 0^2 + 1^2 = 71$

**SUM. DE CUAD. DE BLOQUES:**  $\frac{2^2 + -1^2 + ..... + 1^2 + 6^2}{10} = 18.9$   
 $18.9 - 8.0083 = 10.8917$

**SUM DE CUAD DE TRATAMIENTO:**  $\frac{7^2 + 10^2 + ..... + -2^2 + 6^2}{12} = 31.0833$   
 $33.5833 - 8.0083 = 25.575$



### ANVA PARA EL DBCA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	$F_{\alpha=0.05}$	Nivel de Significacia
Bloques	11	10.8917	0.9902	2.8389	3.105	NS
tratamientos	09	25.575	2.8417	8.1471	1.94	**
Error Experimental	99	34.5333	0.3488			
Total	119	71				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.3488}{12}} = 0.1705$$

$$Q_{\alpha=0.05} = (9, 99) = 4.546$$

$$W (A.E.S. ) = 0.1705 * 4.546 = 0.775$$

C = 0.8333
B = 0.8333
F = 0.6667
A = 0.5833
J = 0.5000
E = 0.2500
I = -0.1667
G = -0.2500
D = -0.333
H = -0.333

			OLOR	
COMPARACION		DIF ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
C & B		0.0000	0.775	NO SIGNIFICATIVO
C & F		0.1667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
C & A		0.2500	0.775	NO SIGNIFICATIVO
C & J		0.3333	0.775	NO SIGNIFICATIVO
C & E		0.5833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
C & I		1.0000	0.775	SIGNIFICATIVO
C & G		1.0833	0.775	SIGNIFICATIVO
C & D		1.1667	0.775	SIGNIFICATIVO
C & H		1.1667	0.775	SIGNIFICATIVO
B & F		0.1667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
B & A		0.2500	0.775	NO SIGNIFICATIVO
B & J		0.3333	0.775	NO SIGNIFICATIVO
B & E		0.5833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
B & I		1.0000	0.775	SIGNIFICATIVO
B & G		1.0833	0.775	SIGNIFICATIVO
B & D		1.1667	0.775	SIGNIFICATIVO
B & H		1.1667	0.775	SIGNIFICATIVO
F & A		0.0833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
F & J		0.1667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
F & E		0.4167	0.775	NO SIGNIFICATIVO
F & I		0.8333	0.775	SIGNIFICATIVO
F & G		0.9167	0.775	SIGNIFICATIVO
F & D		1.0000	0.775	SIGNIFICATIVO
F & H		1.0000	0.775	SIGNIFICATIVO
A & J		0.0833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
A & E		0.3333	0.775	NO SIGNIFICATIVO
A & I		0.7500	0.775	NO SIGNIFICATIVO
A & G		0.8333	0.775	SIGNIFICATIVO
A & D		0.9167	0.775	SIGNIFICATIVO
A & H		0.9167	0.775	SIGNIFICATIVO
J & E		0.2500	0.775	NO SIGNIFICATIVO
J & I		0.6667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
J & G		0.7500	0.775	NO SIGNIFICATIVO
J & D		0.8333	0.775	SIGNIFICATIVO
J & H		0.8333	0.775	SIGNIFICATIVO
E & I		0.4167	0.775	NO SIGNIFICATIVO
E & G		0.5000	0.775	NO SIGNIFICATIVO
E & D		0.5833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
E & H		0.5833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
I & G		0.0833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
I & D		0.1667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
I & H		0.1667	0.775	NO SIGNIFICATIVO
G & D		0.0833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
G & H		0.0833	0.775	NO SIGNIFICATIVO
D & H		0.000	0.775	NO SIGNIFICATIVO

**8.4** Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo apariencia general de las hojas de Sacha Culantro secadas a diferentes condiciones.

JUECES	ASPECTO GENERAL										TOTAL
	325	432	728	0.81	287	146	382	751	957	147	
1	1	1	2	0	0	-1	-1	0	1	0	3
2	0	1	2	0	1	1	1	0	1	0	7
3	1	1	1	1	0	1	-1	-1	-1	0	2
4	1	2	2	0	1	1	0	-1	-1	-1	4
5	0	0	1	0	1	1	0	-1	-1	1	2
6	1	1	1	0	1	1	0	-1	-1	1	4
7	1	1	1	0	0	0	0	-1	0	1	3
8	1	2	1	0	1	1	0	-1	0	1	6
9	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	6
10	1	1	0	0	1	1	0	0	1	-1	4
11	1	1	0	0	0	1	-1	1	1	0	4
12	1	1	0	0	0	1	-1	1	1	0	4
TOTAL	10	13	12	1	6	9	-3	-3	1	3	49
X	0.833	1.083	1.000	0.083	0.500	0.750	-0.250	-0.250	0.083	0.250	

**FACTOR DE CORRECCIÓN:**  $= 49^2/(10*12) = 20.0083$

**SUMA DE CUADRADOS TOTALES:**  $1^2 + 1^2 + ..... + 1^2 + 0^2 = 71$

**SUM. DE CUAD. DE BLOQUES:**  $\frac{3^2 + 7^2 + ..... + 4^2 + 4^2}{10} = 22.7$   
 $22.7 - 20.0083 = 2.6917$

**SUM DE CUAD DE TRATAMIENTO:**  $\frac{10^2 + 13^2 + ..... + 1^2 + 3^2}{12} = 46.5833$   
 $46.5833 - 20.0083 = 26.575$

### ANVA PARA EL DBCA

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	$F_{\alpha=0.05}$	Nivel de Significacia
Bloques	11	2.6917	0.2447	0.3801	3.105	N.S
tratamientos	09	26.575	2.9528	4.5865	1.94	**
Error Experimental	99	63.7333	0.6438			
Total	119	93				

$$S_p = \sqrt{\frac{0.3488}{12}} = 0.232$$

$$Q_{\alpha=0.05} = (9, 99) = 4.546$$

$$W (A.E.S. ) = 0.232 * 4.546 = 1.055$$

# APARIENCIA GENERAL

B = 1.0833
C = 1.0000
A = 0.8333
F = 0.7500
E = 0.5000
J = 0.2500
D = 0.0833
I = 0.0833
G = -0.250
H = -0.250

COMPARACION	DIF ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
B & C	0.0833	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & A	0.2500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & F	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & E	0.5833	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & J	0.8333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & D	1.0000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & I	1.0000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
B & G	1.3333	1.055	SIGNIFICATIVO
B & H	1.3333	1.055	SIGNIFICATIVO
C & A	0.1667	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & F	0.2500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & E	0.5000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & J	0.7500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & D	0.9167	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & I	0.9167	1.055	NO SIGNIFICATIVO
C & G	1.2500	1.055	SIGNIFICATIVO
C & H	1.2500	1.055	SIGNIFICATIVO
A & F	0.0833	1.055	NO SIGNIFICATIVO
A & E	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
A & J	0.5833	1.055	NO SIGNIFICATIVO
A & D	0.7500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
A & I	0.7500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
A & G	1.0833	1.055	SIGNIFICATIVO
A & H	0.9167	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & E	0.2500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & J	0.5000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & D	0.6667	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & I	0.6667	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & G	1.0000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
F & H	1.0000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
E & J	0.2500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
E & D	0.4167	1.055	NO SIGNIFICATIVO
E & I	0.4167	1.055	NO SIGNIFICATIVO
E & G	0.7500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
E & H	0.7500	1.055	NO SIGNIFICATIVO
J & D	0.1667	1.055	NO SIGNIFICATIVO
J & I	0.1667	1.055	NO SIGNIFICATIVO
J & G	0.5000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
J & H	0.5000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
D & I	0.0000	1.055	NO SIGNIFICATIVO
D & G	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
D & H	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
I & G	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
I & H	0.3333	1.055	NO SIGNIFICATIVO
G & H	0.000	1.055	NO SIGNIFICATIVO

Valores para Cinética de secado (Fig. N° 13) y Velocidad de secado (Fig. N° 16) del mejor resultado del Análisis Sensorial (Velocidad de aire 1.1 m/s y T° de 40 °C)

TIEMPO	PESO	HBS (MP)	HBS(MP) PROMEDIO	DIF DE	VEL
segundos	Kilogramos	Kg	Kg	HUMEDAD.	HBS
0	0.0284	7.3333	7.1866	1	0.18767025
120	0.0274	7.0399	6.9225	0.9599872	0.16867214
240	0.0266	6.8052	6.7171	0.92797695	0.13115731
360	0.0260	6.6291	6.5411	0.90396927	0.11260863
480	0.0254	6.4531	6.3357	0.87996159	0.13115709
600	0.0246	6.2183	6.1596	0.84795134	0.11241565
720	0.0242	6.1009	6.0423	0.83194622	0.07506163
840	0.0238	5.9836	5.9249	0.8159411	0.07494938
960	0.0234	5.8662	5.7782	0.79993598	0.09375472
1080	0.0228	5.6901	5.6315	0.7759283	0.09383523
1200	0.0224	5.5728	5.5141	0.75992318	0.07494938
1320	0.0220	5.4554	5.3820	0.74391805	0.08435205
1440	0.0215	5.3087	5.2500	0.72391165	0.08446451
1560	0.0211	5.1913	5.1620	0.70790653	0.05626416
1680	0.0209	5.1326	5.0593	0.69990397	0.06563489
1800	0.0204	4.9859	4.9272	0.67989757	0.08446451
1920	0.0200	4.8685	4.8099	0.66389245	0.07494938
2040	0.0196	4.7512	4.7072	0.64788732	0.06557865
2160	0.0193	4.6631	4.6191	0.63588348	0.05632018
2280	0.0190	4.5751	4.5311	0.62387964	0.0562041
2400	0.0187	4.4871	4.4284	0.6118758	0.06560677
2520	0.0183	4.3697	4.3110	0.59587068	0.07509379
2640	0.0179	4.2523	4.2230	0.57986556	0.05623221
2760	0.0177	4.1937	4.1643	0.571863	0.03745882
2880	0.0175	4.1350	4.0910	0.56386044	0.04694946
3000	0.0172	4.0469	4.0029	0.55185659	0.05623605
3120	0.0169	3.9589	3.9149	0.53985275	0.0562041
3240	0.0166	3.8709	3.8415	0.52784891	0.04691751
3360	0.0164	3.8122	3.7535	0.51984635	0.05620793
3480	0.0160	3.6948	3.6655	0.50384123	0.05617577
3600	0.0158	3.6362	3.5481	0.49583867	0.04125597
3900	0.0152	3.4601	3.4014	0.47183099	0.03750632
4200	0.0148	3.3427	3.2694	0.45582586	0.03374751
4500	0.0143	3.1960	3.1080	0.43581946	0.04125746
4800	0.0137	3.0200	2.9759	0.41181178	0.03375198
5100	0.0134	2.9319	2.8586	0.39980794	0.03000595
5400	0.0129	2.7852	2.7265	0.37980154	0.0337654
5700	0.0125	2.6678	2.6092	0.36379641	0.0299887
6000	0.0121	2.5505	2.5065	0.34779129	0.02624267
6300	0.0118	2.4624	2.4038	0.33578745	0.02626056
6600	0.0114	2.3451	2.3304	0.31978233	0.01875124

6900	0.0113	2.3157	2.2717	0.31578105	0.01500521
7200	0.0110	2.2277	2.1837	0.30377721	0.02250175
7500	0.0107	2.1397	2.1103	0.29177337	0.01874677
7800	0.0105	2.0810	2.0370	0.28377081	0.01874677
8100	0.0102	1.9930	1.9489	0.27176697	0.02251453
8400	0.0099	1.9049	1.8903	0.25976312	0.01500521
8700	0.0098	1.8756	1.8462	0.25576184	0.0112464
9000	0.0096	1.8169	1.7876	0.24775928	0.01500968
9300	0.0094	1.7582	1.7289	0.23975672	0.01500074
9600	0.0092	1.6995	1.6702	0.23175416	0.01500074
9900	0.0090	1.6408	1.6115	0.2237516	0.0149969
10200	0.0088	1.5822	1.5675	0.21574904	0.0112464
10500	0.0087	1.5528	1.5381	0.21174776	0.00750037
10800	0.0086	1.5235	1.4795	0.20774648	0.00937456
11400	0.0083	1.4354	1.3914	0.19574264	0.01125386
12000	0.0080	1.3474	1.3327	0.1837388	0.00749739
12600	0.0079	1.3181	1.2887	0.17973752	0.00562214
13200	0.0077	1.2594	1.2300	0.17173496	0.00750271
13800	0.0075	1.2007	1.1714	0.16373239	0.00750271
14400	0.0073	1.1420	1.1127	0.15572983	0.00750037
15000	0.0071	1.0833	1.0540	0.14772727	0.00750271
15600	0.0069	1.0246	1.0100	0.13972471	0.00562427
16200	0.0068	0.9953	0.9660	0.13572343	0.00437246
17100	0.0066	0.9366	0.9073	0.12772087	0.00500124
18000	0.0064	0.8779	0.8486	0.11971831	0.00500124
18900	0.0062	0.8192	0.8046	0.11171575	0.0037488
19800	0.0061	0.7899	0.7752	0.10771447	0.00249636
20700	0.0060	0.7606	0.7165	0.10371319	0.00500124
21600	0.0057	0.6725	0.5992	0.09170935	0.00531542
25200	0.0052	0.5258	0.4818	0.07170294	0.00249956
28800	0.0049	0.4378	0.4085	0.0596991	0.00156236
32400	0.0047	0.3791	0.3351	0.05169654	0.00156236
36000	0.0044	0.2911	0.2617	0.0396927	0.00156236
39600	0.0042	0.2324	0.2031	0.03169014	0.00125031
43200	0.0040	0.1737	0.1590	0.02368758	0.0009372
46800	0.0039	0.1444		0.0196863	0.00062409

## 1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 201.020 CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. Detección de almidón.
- ITINTEC 205.003 CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de fibra cruda
- ITINTEC 209.014 SAL PARA CONSUMO.
- ITINTEC 209.015 SAL PARA USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.
- ITINTEC 209.036 CALDOS CONCENTRADOS. Generalidades.
- ITINTEC 209.038 NORMA GENERAL PARA EL ROTULADO DE ALIMENTOS.
- ITINTEC 209.039 GLUTAMATO MONOSODICO MONOHIDRATADO PARA USO DOMESTICO E INDUSTRIAL.
- ITINTEC 209.102 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Determinación del contenido de sal (cloruro de sodio).
- ITINTEC 209.103 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Materias extrañas.
- ITINTEC 209.104 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Preparación de una muestra base para análisis.
- ITINTEC 209.116 ADITIVOS ALIMENTARIOS. Definiciones y clasificación.
- ITINTEC 209.117 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Muestreo.
- ITINTEC 209.134 ADITIVOS ALIMENTARIOS. Colorantes de uso permitido en alimentos.
- ITINTEC 209.131 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Determinación de cenizas insolubles y solubles en ácido clorhídrico (1+9)
- ITINTEC 209.184 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Determinación de impurezas.
- ITINTEC 209.186 ESPECIAS Y CONDIMENTOS. Determinación de humedad.

## 2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir los condimentadores.

## 3. DEFINICIONES

3.1 Condimentador.- Es el producto obtenido por la mezcla y homogenización de especias en polvo; pudiendo además llevar: extractos naturales, grasas y aditivos permitidos.

3.2 Condimento.- Es una mezcla de varias especias destinadas a sazonar o mejorar el sabor de los alimentos.



3.3 n.- Es el número de unidades de muestra que deben ser examinadas de un lote de alimentos para satisfacer un plan de muestras particular.

3.4 m.- Es un criterio microbiológico, el cual, en un plan de muestreo se separa buena calidad de calidad defectuosa; o en otro plan de muestreo se separa buena calidad de calidad marginalmente aceptable. En general "m" representa un nivel aceptable y valores sobre el mismo que son marginalmente aceptables o inaceptables.

3.5 M.- Es un criterio microbiológico que en un plan de muestreo separa calidad marginalmente aceptable de calidad defectuosa. Valores mayores a "M" son inaceptables.

3.6 C.- Es el número máximo permitido de unidades de muestra defectuosa. Cuando se encuentra en cantidades mayores de este número el lote es rechazado.

#### 4. REQUISITOS

##### 4.1 Presentación

4.1.1 No deberá contener materias extrañas al producto.

4.1.2 No deberá presentar parásitos y/o insectos vivos o muertos.

4.1.3 No podrá ser aromatizado artificialmente.

4.1.4 No deberá contener otra clase de almidón diferente al propio de las especias utilizadas.

4.1.5 Deberá estar libre de impurezas.

##### 4.2 Características organolépticas

4.2.1 Aspecto : polvo fino

4.2.2 Olor : característico de la mezcla de especias utilizadas.

4.2.3 Sabor : característico de la mezcla de especias utilizadas.

4.2.4 Color : característico de la mezcla de especias utilizadas.

4.2.5 Textura : uniforme.

##### 4.3 Molienda

4.3.1 Condimentador.- El 99% de las partículas deberán pasar por el tamiz ITINTEC 0,841 mm (N° 20).

4.4 El condimentador deberá cumplir con las características fijadas en la Tabla 1.

TABLA I

Humedad en % (m/m), máximo	12
Cloruro de sodio en % (m/m), máximo	5
Cenizas insolubles en ácido HCl (1+9) en % (m/m), en base seca, máximo	2
Extracto etéreo % (m/m) en base seca, mínimo	7,5
Aceite volátil ml/100 g en base seca, mínimo	0,7
Fibra cruda % (m/m), en base seca, má- ximo	15,0

4.5 Glutamato monosódico en las dosis permitidas.

4.6 Requisitos microbiológicos

TABLA II

<u>Característica</u>	<u>n</u>	<u>m</u>	<u>M</u>	<u>C</u>
Numeración de bacterias aerobias	5	$10^4$	$10^6$	2
Detección de Salmonella	5	0	-	0
Numeración Escherichia coli	5	10	$10^3$	2
Numeración de hongos y levaduras	5	$10^2$	$10^4$	2

4.7 El contenido de ningún envase excederá los límites de tolerancia que se fijan a continuación para las siguientes sustancias:

<u>Sustancia</u>	<u>ppm</u>
Arsénico	0,1 - 1,0
Plomo	1,0 - 10,0

## 5. INSPECCION Y RECEPCION

5.1 La extracción de la muestra para los ensayos respectivos se hará se-  
gún la Norma ITINTEC 209.117.

5.2 La preparación de la muestra base para análisis se hará según la Nor-  
ma ITINTEC 209.104.

## 6. METODOS DE ENSAYO

6.1 Se efectúan según las Normas indicadas en el capítulo 1. Normas a  
Consultar.

## 7. ENVASE Y ROTULADO

### 7.1 Envase

7.1.1 Deberá ser de un material inerte al producto contenido, impermeable y que permita conservar las características del producto.

7.1.2 El contenido del envase deberá ser como mínimo el 95% del peso neto declarado.

### 7.2 Rotulado

7.2.1 Deberá cumplir con lo establecido en la Norma ITINTEC 209.038, indicándose especialmente:

7.2.1.1 Nombre del producto.

7.2.1.2 Frase "Producto Peruano".

7.2.1.3 Se indicará cuantitativamente el contenido de los ingredientes en forma decreciente en proporción.

7.2.1.4 Región y autorización sanitaria.

7.2.1.5 Fecha de producción.

## 8. ANTECEDENTES

8.1 Norma Internacional ISO 1003, Especies y Condimentos. Jengibre.

8.2 Norma Internacional ISO 2253 Especies y Condimentos. Polvo Curry.

8.3 Reglamento Sanitario de Alimentos. Ministerio de Salud.

8.4 Food Industries Manual 20th Ed. A. Woollen.

\*\*\*\*\*

